

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na
přilnavost ochranných povlaků**

**Study of Influence Relief Surface Steel Substrate on
Adhesion of Protective Coatings**

Student :
Vedoucí bakalářské práce:

Ladislav Polanský
doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Ladislav Polanský**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Specializace: **70 Strojírenská technologie**
Téma: **Studium vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na přilnavost
ochranných povlaků**
**Study of Influence Relief Surface Steel Substrate on Adhesion of
Protective Coatings**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte technologii úpravy ocelového substrátu před aplikací organických povlaků.
2. Prostudujte vliv technologie předúpravy povrchu ocelového substrátu na vlastnosti a charakter reliéfu povrchu.
3. Prostudujte mechanismus adheze substrát - povlak.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací, jejich provedení a vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu v rozsahu 25 - 30 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

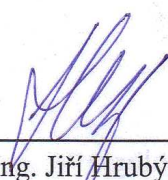
MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.
ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě20.5.2010.....

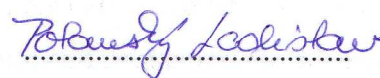
Polansky Ladislav

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.5.2010.....



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Ladislav Polanský

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Wolkerova 110

Lanškroun, Ostrovske předměstí

56301

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

POLANSKÝ, Ladislav. *Studium vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na přilnavost ochranných povlaků*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 59 s., Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc..

Bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na přilnavost ochranných povlaků. Teoretická část práce obecně seznamuje s poznatky, kterých využíváme nebo se vyskytují v experimentální části práce. Jsou zde vyjádřeny pojmy jako povrch, adheze, koroze, ale také zinkové nátěrové systémy a předběžné úpravy povrchu. Experimentální část práce je zaměřena na studium a hodnocení přilnavosti nátěrového systému k povrchu ocelového substrátu, přičemž reliéf povrchu je před nanesením nátěrového systému ovlivňován korozním prostředím.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

POLANSKÝ, Ladislav. *Study of Influence Relief Surface Steel Substrate on Adhesion of Protective Coatings*. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2010, 59 s., Bachelor thesis, head doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc..

Bachelor thesis is focused on the study the impact of the relief surface of the steel substrate on the adhesion of protective coatings. The theoretical section introduces the general knowledge, which we use, or appear on the experimental part of thesis. Are expressed in terms such as surface, adhesion, corrosion, but also zinc coating systems and surface pretreatment. Experimental thesis is aimed at studying and evaluating the adhesion of coating on the surface of steel substrate, the relief of the surface before applying the coating systems affected by the corrosive environment.

OBSAH

0 ÚVOD	9
1 POVRCH SUBSTRÁTU	10
1.1 Čistota povrchu	10
1.2 Mikrogeometrie povrchu	11
2 ADHEZE OCELOVÉHO SUBSTRÁTU A POVLAKU	12
3 KOROZE	12
3.1 Koroze v atmosféře	13
3.2 Korozní agresivita atmosféry	14
4 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY POVRCHU	15
4.1 Otryskávání	15
4.2 Odmašťování	17
4.2 Vliv povrchových úprav na vznik vad v nátěrovém systému	18
5 ORGANICKÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY	19
5.1 Rozdělení nátěrových systémů	19
5.2 Složení nátěrových systémů	20
5.3 Nanášení nátěrových systémů	21
5.4 Nátěrové systémy plněné zinkem	22
6 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	23
6.1 Charakteristika vzorků	24
6.2 Příprava a povrchová úprava vzorků	25
6.3 Vystavení vzorků koroznímu prostředí	26
6.4 Stanovení čistoty povrchu	27
6.5 Měření profilu drsnosti povrchu	29
6.6 Aplikace nátěrového systému	32
6.7 Měření tloušťky mokré vrstvy	33
6.8 Měření tloušťky suché vrstvy	34
6.9 Stanovení přilnavosti nátěrového systému	35
7 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	38
7.1 Výsledky stanovení čistoty povrchu	38
7.2 Výsledky měření profilu drsnosti povrchu	40
7.3 Výsledky měření tloušťky suché vrstvy	50
7.4 Výsledky stanovení přilnavosti nátěrového systému	51

8 ZÁVĚR	53
9 POUŽITÁ LITERATURA.....	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK.....	58
SEZNAM GRAFŮ	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

<i><u>ZKRATKA</u></i>	<i><u>VÝKLAD</u></i>	<i><u>JEDNOTKA</u></i>
ČSN	Česká státní norma	
EN	Evropská norma	
ISO	Mezinárodní norma	
C1 až C5	označení korozních prostředí dle normy ČSN ISO 9223	
Sa1 až Sa3	označení stupně otryskání povrchu dle normy ČSN ISO EN 8510-1	
O	kyslík	
C	uhlík	
Mn	mangan	
Si	křemík	
P	fosfor	
S	síra	
Al	hliník	
N	dusík	
Ti	titan	
Zn	zinek	
Re	mez kluzu	[MPa]
Rm	mez pevnosti v tahu	[MPa]
A5	tažnost	[%]

0 ÚVOD

Bakalářská práce je cíleně vedena k obeznámení s problematikou přilnavosti nátěrového systému. Na přilnavost nátěrového systému má především vliv kotvící profil vytvořený technologií otryskáním, která je doporučována pro nátěrové systémy. Dále pak způsob a technologie očištění povrchu od nežádoucích nečistot, jež brání nátěrovému systému k dobrému přilnutí k základnímu materiálu nebo vzniklou vrstvu nátěrového systému chemicky narušují a mění tak negativně jeho vlastnosti.

V bakalářské práci zjišťuji rozdíly přilnavosti vzniklé změnou kotvícího profilu. Změna kotvícího profilu je způsobena vlivem korozního prostředí na povrch ocelového substrátu po určitou časovou jednotku. Korozním prostředím v dané bakalářské práci je myšlena atmosféra. Úkolem této práce je tedy prostudování změn přilnavosti nátěrového systému na povrch ocelového substrátu při působení korozního prostředí.

Bakalářská práce obsahuje dvě části, teoretickou a experimentální. Teoretická část je zaměřena na studium a obecné seznámení s teoretickými poznatky obsažených v experimentální části práce. Experimentální část se zaměřuje především na praktické řešení daného úkolu, jehož vyústěním je závěrečné zhodnocení.

1 POVRCH SUBSTRÁTU

Povrch je označován jako makroskopická schránka objektu, tvořící viditelnou hranici mezi základním substrátem a okolním prostředím. Povrch objektu určuje jeho vzhled a tvoří fázové rozhraní mezi substrátem a prostředím. U rozměrných objektů s malým poměrem k jeho objemu jsou dány chemické a fyzikální vlastnosti povrchu především vlastnosti základního substrátu. Naopak u méně rozměrných objektů s velkým poměrem k jeho objemu jsou vlastnosti určeny povrchem substrátu. Funkční vlastnosti povrchu nejsou závislé jen na viditelné vnější vrstvě, ale hlavně na podpovrchových vrstvách. Těmito vrstvami jsou horní nanovrstva, tenký film oxidace, vnější povrchová vrstva a celková vrstva. [9]

Povrch obvykle vzniká již při výrobě a je charakteristický dle užitého výrobního procesu. Proto rozdělujeme kovové povrchy dle základní výrobní technologie na povrchy vzniklé hutním zpracováním a vytvořené strojním zpracováním. [2]

1.1 Čistota povrchu

Získat kovově čistý povrch je dosti obtížné. Důvodem je neobyčejná reaktivita povrchových atomů slučujících se s nečistotami, které se nacházejí v jejich bezprostřední blízkosti, a tím dochází ke vzniku oxidických filmů. Dalším problémem znečištění kovů jsou mastné kyseliny, které se na povrch dostávají z ovzduší nebo při manipulaci pracovníkem. I na očištěném povrchu se monomolekulární film mastné kyseliny vytvoří velkou rychlostí a může ovlivnit začátek reakce. [6]

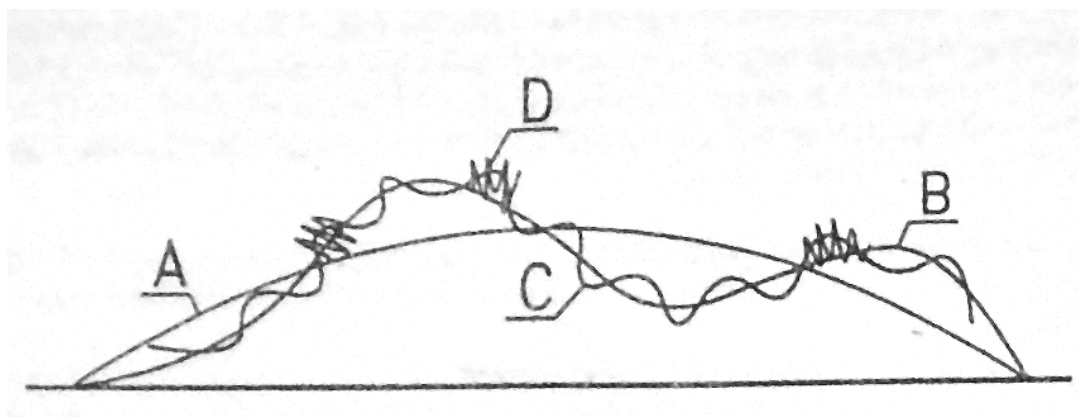
Kvalitně očištěný povrch je prvním předpokladem pro vysokou jakost ochranného nátěrového systému a odolnost vůči korozi. Nečistoty na povrchu především zabraňují přístupu ochranného nátěrového systému k ocelovému substrátu a snižují přilnavost povrchu.

1.2 Mikrogeometrie povrchu [7]

Žádný povrch není geometricky dokonale rovinný, obzvlášť pak technické povrchy. Tyto odchylky nerovnosti vznikají při přípravě povrchu a jsou důsledkem působení vnějších sil nebo okolního prostředí. Základními třemi druhy nerovností jsou:

- *mimořádné nerovnosti (makronerovnosti)*, jedná se například o trhliny a nepravidelné rýhy (A)
- *vlnitost povrchu*, jedná se o periodicky opakující se nerovnost vzniklou při obrábění chvěním stroje, nástroje nebo obráběné součásti (B)
- *drsnost povrchu (mikronerovnost)*, je podmíněna technologickým pochodem (C), pravidelně se opakuje a je hlavním faktorem pro hodnocení jakosti povrchu

Na mikronerovnost se navíc superponují ultramikronerovnosti, jež jsou dány snahou dosáhnout nejstabilnějšího stavu krystalického povrchu. (D)



Obr č.1 – Schéma druhů nerovností [7]

2 ADHEZE OCELOVÉHO SUBSTRÁTU A POVLAKU

Adheze neboli přilnavost je soubor chemických, fyzikálních a mechanických sil vztažených na jednotku plochy, kterými jsou dvě rozdílné fáze vázány k sobě. Jednoduše je to schopnost nátěrového systému a ocelového substrátu vytvářet mezi sebou pevnou vazbu. [10]

Adheze je velmi důležitou vlastností systému tenká vrstva – substrát. Závisí na druhu substrátu a nátěrového systému, na technologii nanášení nátěrového systému a v nemalé míře také na předúpravě povrchu substrátu.

Adheze je podle vzniku popsána pěti následujícími mechanismy: [14]

- *mechanická adheze* – jde o tzv. suchý zip, kdy dvě fáze do sebe čistě mechanicky zapadají.
- *chemická vazba* – dvě fáze vzájemně vytváří sloučeninu a tak drží pohromadě
- *elektrostatická přitažlivost* – vzniká mezi dvěma opačně nabitými povrchy
- *difuzní adheze* – fáze vzájemně difundují do sebe
- *disperzní adheze* – je dána přitažlivostí Van der Waalsových sil

3 KOROZE

Koroze je popisována jako proces způsobující znehodnocování materiálu za působení chemických nebo fyzikálních reakcí s okolním prostředím. Výsledkem tohoto procesu je úplné nebo částečné rozrušení materiálu, jež se projevuje úbytkem materiálu, změnou vlastností materiálu např. ztráta pevnosti, tažnosti a vznik mikrotrhlin. Korozním procesům podléhají téměř všechny materiály. Například jde o kovy, plastické hmoty, materiály keramické, sklovité, silikátové a další. [3]

Obecně je tedy pro nás koroze negativním jevem, kterému se snažíme zabránit. V mnohých případech korozi zcela zabránit nelze, a proto máme snahu korozi alespoň zpomalit na přijatelnou míru, pro zvýšení životnosti materiálu. Mezi metody ochrany materiálu proti korozi patří úprava korozního prostředí, elektrochemická ochrana kovového povrchu, volba vhodného konstrukčního materiálu a tvorba ochranných povlaků. [3]

Jednotlivé druhy koroze rozdělujeme následovně [3, 13]:

- *Rozdělení dle vnitřního mechanismu* – koroze chemická a elektrochemická
- *Rozdělení dle vzhledu* – koroze rovnoměrná, nerovnoměrná, bodová, selektivní, mezikrystalická a transkrystalická
- *Rozdělení dle rozhodujícího korozního činitele* – koroze při mechanickém namáhání, za únavy materiálu, vibrační koroze, korozní praskání kovů a koroze bludnými proudy
- *Rozdělení dle prostředí* – koroze v kapalinách, v plynech, v půdě a atmosféře

3.1 Koroze v atmosféře [11, 12, 13]

Jde o korozi vyskytující se v největším rozsahu. Principem je korozní proces probíhající pod velmi tenkým filmem vody, jež je nasycený rozpustnými složkami atmosféry a to hlavně oxidem siřičitým, oxidem uhelnatým, amoniakem, oxidem uhličitým a aerosoly. Tento vodní film o tloušťce 50 až 150 mikrometrů vzniká kondenzací vodních par, obsažených ve vzduchu, jako vznik je tedy podmíněn relativní vlhkostí vzduchu, teplotou vzduchu a znečištěním vzduchu. Je-li povrch kovu drsný a pokryt prachem a nečistotami, tvoří se vodní film při nižší relativní vlhkosti, přibližně kolem 60%, a nazývá se kritická relativní vlhkost. Důležitý význam při atmosferické korozi přináší i kyslík, který proniká tenkým filmem, způsobuje katodickou reakci a značně urychluje proces koroze.

3.2 Korozní agresivita atmosféry [5, 22]

Korozní agresivita je schopnost atmosféry vyvolávat korozi v daném korozním systému. Agresivita je závislá na době odvlhčení. Během této doby je povrch kovu pokryt absorpčním nebo kapalným filmem elektrolytu, který umožňuje vznik atmosferické korozi. Korozní agresivita je popsána normou ČSN ISO 9223, která korozní agresivitu dělí na pět stupňů.

C1 velmi nízká agresivita – Atmosféry s minimálním až žádným znečištěním.

C2 nízká agresivita – Atmosféry s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí.

C3 střední agresivita – Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým a přímořské prostředí s nízkou sanilitou.

C4 vysoká agresivita – Průmyslové prostředí s vysokou koncentrací oxidu siřičitého a přímořské prostředí s mírnou sanilitou.

C5 velmi vysoká agresivita – Průmyslové a přímořské prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou. Dále se dělí na stupně:

C5 - I – velmi vysoká agresivita (průmyslová)

C5 - M – velmi vysoká agresivita (přímorská)

4 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY POVRCHU

Předběžné úpravy slouží k očištění povrchů kovů od mechanicky a chemicky vázaných látek. Máme tak snahu vytvořit kovově čistý povrch. Mechanicky vázané nečistoty, jako jsou mastnoty, zbytky past, mazadel a prach, odstraňujeme odmašťováním. Naproti tomu chemicky vázané nečistoty, oxidy, rez a okuje, odstraňujeme mořením nebo mechanickými úpravami. Mezi mechanické úpravy povrchu patří otryskání, omílání, broušení, leštění a kartáčování. Odmašťování a moření patří do skupiny chemických úprav povrchu. [3]

4.1 Otryskávání

Otryskávání je proces mechanického opracování povrchu proudem tryskacího materiálu. Tryskací materiál je vrhán o vysoké rychlosti proti povrchu součásti. Při otryskávání vzniká charakteristická morfologie povrchu, jež je dána zejména rychlostí letu zrna, úhlem dopadu, jakostí substrátu, tvrdostí zrna a tvarem užitého zrna tryskacího materiálu. [3]

Metoda otryskávání je používána nejen pro očištění povrchu, ale i k vytváření kotvícího profilu před nanesením nátěrového systému nebo pro zlepšení mechanických vlastností a vzhledu. [3]

Proces otryskávání je při působení zrn na povrch součásti doprovázen plastickou deformací. Této plastické deformace je často využíváno, jelikož deformace má za následek zpevňování povrchových vrstev materiálu. Významný vliv na vlastnosti a vzhled povrchu má tvar tryskacích těles. Tvrdá ostrá zrna povrch čistí, ale na druhou stranu i odstraňují částice kovu. Kulatá zrna povrch čistí a zároveň zpevňují, ovšem při špatném očištění se nečistoty dostávají do povrchových vrstev. Měkká zrna se na povrchu tříští a povrch tak jen leští. [3]

Otryskávací materiály: [3]

Volíme podle druhu upravovaného povrchu, stupně znečištění, materiálu a tloušťky stěn opracovávaného předmětu.

- *křemičitý písek* – jde o materiál s ostrohrannými zrny. Využívá se pro pneumatické otryskávání. Nevýhodami je nadměrné tříštění a prašnost.
- *litinová drť* – její výhodou je větší trvanlivost, rovnoměrnější jakost a zrnitost a vyšší schopnost úběru než u křemičitého písku. Nevýhodou se stává vyšší cena a neschopnost otryskávat barevné kovy a nerezavějící ocele.
- *brusiva* – jedná se o karbidy křemíku a umělý korund. Zrno je ostřejší, stejnoměrnější a trvanlivější než křemičitý písek i provoz je méně prašný.
- *sekaný drát* – má nejvyšší pevnost. Je hospodárnější i přes jeho vyšší cenu, jelikož se nedrtí a neštěpí.
- *balotina* – jsou to skleněné kuličky. Používají se pro vyhlazování a leštění. Povrch je odolnější proti poškození a korozi.
- *speciální materiály* – použití pro dosažení matného a pololesklého povrchu barevných kovů. Jde o drť z pecek a plastické hmoty.

Zařízení pro otryskávání: [3]

- *pneumatické tryskače* – využívají energii stlačeného vzduchu. Jsou buď tlakové nebo injektorové.
- *metací kola* – využívají mechanické energie při rotaci kola.

Stupně otryskaného povrchu: [20]

Hodnocení kvality tryskaného povrchu je hodnoceno 4 stupni:

- *Sa 1* – lehké otryskání povrchu (na povrchu není zjištěna přítomnost olejů, mastnot a nečistot stejně jako nepřilnavé okuje, rez, nátěry a cizí látky)
- *Sa 2* – důkladné otryskání povrchu (na povrchu není zjištěna přítomnost olejů, mastnot, nečistot a téměř žádné okuje, rez, nátěry a cizí látky, všechny zbytky nečistot jsou pevně přilnavé)
- *Sa 2 ½* - velmi důkladné otryskání povrchu (není zjištěna přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okují, rzi, zbytků nátěrů a cizích látek, všechny zbylé stopy nečistot musí být pouze stíny ve formě skvrn nebo pásů)
- *Sa 3* – vizuálně čistý ocelový povrch (není zjištěna přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okují, rzi, zbytků nátěrů a cizích látek, povrch musí vykazovat jednotný kovový vzhled)

4.2 Odmašťování [1]

Pojem odmašťování je souhrnný název pro odstraňování všech druhů ulpěných nečistot z povrchu substrátu, které jsou k povrchu vázány buď fyzikální adsorpcí (např. látky tukového charakteru) nebo adhezními silami (jemně rozptýlené anorganické nečistoty, prach, kovové třísky apod.). U kovového povrchu je jejich energie vazby ke kovovému povrchu mnohem menší než u nečistot vázaných chemicky, jako např. rzi, oxidy a okuje, lze je tedy odstranit snadněji a beze změny kovového povrchu.

Úkolem odmašťovacích přípravků je uvolnění mechanicky vázaných nečistot z povrchu materiálu, jejich převedení do roztoku nebo emulze a zabránění jejich zpětnému vyloučení na povrchu substrátu.

Podle použitých prostředků na odmašťování rozdělujeme procesy odmašťování na elektrolytické, emulzní, odmašťování v alkalických roztocích, v organických rozpouštědlech, v neutrálních roztocích, odmašťování opalováním a vysokotlaké kapalinné odmašťování.

4.3 Vliv povrchových úprav na vznik vad v nátěrovém systému [7]

Odolnost nátěrů je ovlivňována celou řadou činitelů. Největší vliv má na přilnavost a pozdější tvorbu vad příprava povrchu substrátu před aplikováním nátěrového systému. Povrch substrátu bývá zpravidla znečištěn mastnotami, rzi a okujemi, prachem nebo zbytky starých nátěrů a solemi. Pokud nejsou tyto látky dostatečně odstraněny, snižují ochranné vlastnosti nátěrových systémů a vznikají tak vady.

Vliv odmašťování na vznik vad:

Odmašťováním nejčastěji odstraňujeme mastnoty. Tento proces musí probíhat, tak dlouho, aby na povrchu nebyly vázané žádné mastnoty. Po odmaštění musí být povrch dokonale opláchnut horkou vodou, aby se povrch očistil i od zbytků odmašťovadla. Není-li povrch dostatečně odmaštěn a opláchnut dochází k pomalému zasychání nátěrového systému a špatnému zakotvení na povrch substrátu.

Vliv otryskávání na vznik vad:

Otryskáváním odstraňujeme rzi, oxidy a okuje. Od metody otryskávání požadujeme dokonale čistý povrch, jelikož při špatném odstranění nečistot se zkracuje životnost nátěrového systému. Například okuje poškozují nátěrový systém způsobem podrezavěním a rzi, jež zadržují značné množství vodní páry, napomáhají vzniku koroze pod vrstvou nátěrového systému.

Při otryskávání dochází ke zdrsňování povrchu a pokud je otryskání provedeno nevhodně, zkracujeme životnost nátěrového systému, neboť přílišné zdrsnění povrchu má za následek prostupování vrcholků nerovností nátěrovým systémem. Nad vrcholky je potom nanесena jen nepatrná vrstvička nátěrového systému a v těchto místech dochází k prorezavění. Nátěrový systém by měl být nanесen ihned po otryskání, neboť otryskaný povrch velmi rychle reaguje s okolním prostředím a vytváří oxidickou vrstvičku.

5 ORGANICKÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY

Organické nátěrové systémy patří mezi pórovité organické povlaky, které často využívají antikoročních pigmentů a inhibitorů koroze. Jsou pro nás nejběžnějším a nejekonomičtějším způsobem jak chránit materiál před korozí. Tyto nátěrové systémy zvyšují životnost materiálu tak, že zamezují přístupu vody a agresivních korozních složek k povrchu materiálu. Nanesený nátěrový systém je jednovrstvý nebo vícevrstvý ucelený ochranný povlak. [3]

5.1 Rozdělení nátěrových systémů [3]

- a) Podle způsobu použití – ochranné, dekorativní, speciální, signální a maskovací*
- b) Podle obsahu pigmentu – transparentní a pigmentové*
- c) Podle filmotvorných složek – asfaltové, polyesterové, celulóзовé, chlórkaučukové, silikonové, lihové, syntetické, polyuretanové a emulzní (na vodní bázi)*
- d) Podle způsobu nanášení – stříkané, nanášené štětcem, stěrkou, nanášené pomocí elektrických sil, nanášené máčením a poléváním*
- e) Podle teploty zasychání – schnoucí na vzduchu (20°C) a vypalovací (100°C a více)*
- f) Podle klimatické odolnosti – vnitřní a venkovní*
- g) Podle pořadí nátěrových vrstev – napouštěcí, základní, podkladové a vrchní*

5.2 Složení nátěrových systémů [3]

Nátěrové systémy se skládají z pěti základních složek:

Filmotvorné složky:

Jedná se o pojivo složené z netěkavých látek, jež vytváří na povrchu tenký souvislý film a vážou na sebe částice pigmentu a plniv. Mezi filmotvorné látky řadíme vysychavé oleje, přírodní živice, umělé živice, deriváty celulózy, deriváty kaučuku a asfalty.

Těkavé složky:

Těkavé složky jsou rozpouštědla jejímž hlavním úkolem je rozpouštět pojiva a upravovat jejich viskozitu (konzistenci). K rozpouštění používáme benzíny, benzeny, alkoholy, ketony, glykolétery a terpentýnové silice.

Pigmenty:

Jsou to částčky organického a anorganického původu promísené s pojivem. Pigmenty jsou složky dodávající nátěrovému systému jeho funkční vlastnosti, jako jsou tvrdost, tepelná a korozní odolnost, krycí schopnost a barevný odstín.

Rozlišujeme tři druhy pigmentů:

- *inhibitorové pigmenty* – využívá se u nich pasivace povrchu vytvořené těžko rozpustných sloučenin. Tyto pigmenty se užívají v základních nátěrech.
 - *neutrální pigmenty* – zlepšují fyzikální vlastnosti vrchních nátěrů
 - *stimulující pigmenty* – jsou to netečné pigmenty s dobrou elektrickou vodivostí.
- Používají se pouze pro výrobu vrchních nátěrů.

Plnidla:

Jedná se o jemně rozemleté minerální látky, jež jsou nerozpustné v pojivech a kladně upravují technologické vlastnosti nátěrových systémů.

Aditiva:

Za aditiva jsou považovány různá sušidla, emulgátory, stabilizátory, zvláčňovadla. Základní stavební složkou jsou kovová mýdla, která jsou využívána při výrobě fermeží a olejových nátěrových hmot.

5.3 Nanášení nátěrových systémů [3]

Pro samotný nátěrový systém má velký vliv jeho způsob nanášení. Způsobů nanášení je celá řada a každý z nich je určitým způsobem výhodný, ale i nevýhodný. Proto způsob nanášení volíme podle velikosti, tvaru a množství součástí, dle požadovaných vlastností, kvality povrchu a ekonomických parametrů.

- *nanášení pomocí štětce* - tento způsob nanášení patří mezi nejpoužívanější a zároveň i nejstarší způsoby nanášení vůbec. Její výhodou jsou minimální ztráty nátěrové hmoty. Nevýhodou je značná pracnost.
- *nanášení navalováním* – způsob je používán pro nanášení na rovinné plochy. Výhodou jsou opět nízké ztráty nátěrové hmoty a jednoduchá automatizace.
- *nanášení máčením* – využívá se pro její jednoduchost a využitelnost ve velkosériové výrobě.
- *nanášení poléváním* – používá se pro nanášení rozměrných výroků. Má značné nevýhody v nerovnoměrném rozložení nanášené vrstvy.
- *nanášení pneumatickým stříkáním* – patří mezi nejrozšířenější způsoby nanášení. Je populární z důvodu rovnoměrného rozložení nanášené vrstvy a hladkého povrchu.
- *stříkání ohřátých nátěrových hmot* – při stříkání ohřáté nátěrové hmoty dosahujeme větší tloušťky nátěrového systému než obvyklými způsoby.
- *nanášení pomocí elektrických sil* – způsob je využíván na základě znalostí fyzikálních zákonů o vzájemné přitažlivosti částic s opačným el. nábojem. Je vhodný pro velkosériové výrobě např. v automobilovém průmyslu.
- *nanášení vysokotlakým stříkáním*

5.4 Nátěrové systémy plněné zinkem [8, 15]

Nátěrové systémy plněné zinkem jsou vhodné do vysoce korozních prostředí, protože zinkem má vysokou antikorozi účinnost. Zinek zaujímají v nátěrových systémech místo pigmentu. Nátěrové systémy s obsaženými zinkovými pigmenty rozdělujeme dle použité pojivové složky na organické a anorganické. Nejčastěji jsou nátěrové systémy plněné zinkem nanášeny na otryskané povrchy s drsností 20 - 50 μ m.

Princip zinkových nátěrových systémů je takový, že pigmenty zinku vytváří při styku s korozním prostředím v povlaku vlastní oxidickou vrstvičku, která napomáhá uzavírat (utěšňovat) póry v povlaku daného nátěrového systému.

Pigmenty zinku mohou být ve formě zinkových částic (zinkového prachu) nebo chemických sloučenin. Zinkové částice mají obvykle kulový (angulární) tvar nebo lístkový (lamelární) tvar. U zinkových částic jsou antikorozi vlastnosti nátěrového systému zvyšovány zmenšováním rozměru částic, jelikož menší částice dokáží lépe vyplňovat póry nátěrového systému a tím zabraňovat průchodu malých agresivních korozních složek nátěrovým systémem. Jako pigmenty zinku ve formě sloučenin se nejčastěji využívají fosforečnany, nejvíce pak fosforečnan zinečnatý. Jedná se o netoxický, částečně rozpustitelný a dobře přilnavý pigment. Ochranný efekt fosforečnanů je založen na působení vlhkosti, díky níž dochází k pomalé postupné hydrolýze fosfátu, přičemž vznikají hydroxid zinečnatý a sekundární fosfátové ionty, které mají schopnost vytvářet ochranné vrstvy především v anodické oblasti koroze.

6 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Cílem experimentálních prací je posouzení vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na přilnavost ochranných nátěrových systémů. Přičemž jednotlivé reliéfy povrchů vzorků budou vystaveny působení korozního prostředí po stanovenou dobu a následně budeme zjišťovat jestli se po tomto působení korozního prostředí mění přilnavost ochranného nátěrového systému.

Postup řešení experimentálních prací:

- příprava a povrchová úprava vzorků (odmaštění v roztoku SIMPLE GREEN + voda, oplach ve vodě)
- vystavení vzorků koroznímu prostředí
- stanovení čistoty povrch (ČSN ISO 8502-3)
- měření profilu drsnosti povrchu (ČSN EN ISO 4287)
- aplikace nátěrového systému
- měření tloušťky mokré vrstvy (ČSN EN ISO 2808)
- měření tloušťky suché vrstvy (ČSN EN ISO 2808)
- stanovení přilnavosti nátěrového systému mřížkovou zkouškou (ČSN EN ISO 16276-2)

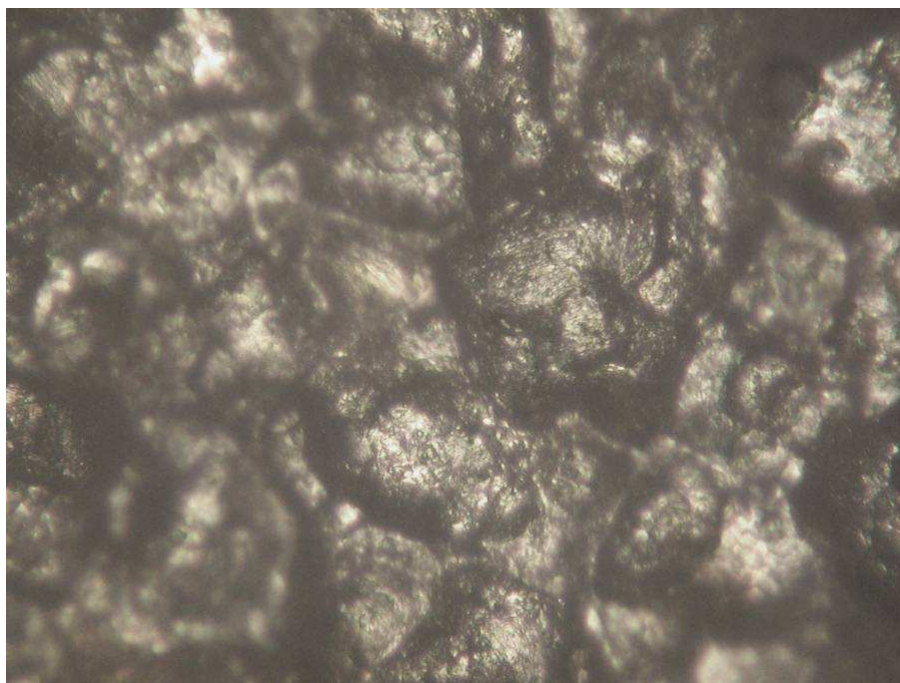
6.1 Charakteristika vzorků

Pro tyto experimentální práce byly použity vzorky z válcovaného ocelového plechu o rozměrech 150 x 100 x 3mm. Vzorky byly vyrobeny a dodány firmou VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. a jde o materiál, jenž ho firma označuje po názvem COSMALT – E 300T. Dodané vzorky byly již mechanicky očištěny metodou otryskáním na stupeň čistoty Sa 2^{1/2} dle ČSN ISO 8501-1. Otryskávacím médiem byla ocelová drť GP 18.

Mechanické vlastnosti	
<i>Mez kluzu Re [MPa]</i>	300 - 450
<i>Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]</i>	350 - 550
<i>Tažnost A₅ [%]</i>	28

Tab č.1 - Mechanické vlastnosti oceli COSMALT - E 300T

Chemické složení								
<i>Prvek</i>	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Al</i>	<i>N</i>	<i>Ti</i>
<i>obsah[%]</i>	0,07	0,21	0,03	0,013	0,01	0,042	0,006	0,06

Tab č.2 - Chemické složení oceli COSMALT - E 300T**Obr č.2** – Povrch vzorku po otryskání (zvětšeno 160x)

Pozn.: Snímek otryskaného povrchu vzorku byl pořízen na mikroskopu NEOPHOT 2.

6.2 Příprava a povrchová úprava vzorků

Značení vzorků

Před zahájením experimentálních prací byly dodané vzorky označeny čísly 0 až 8. Vzorek označen číslem 0 je vzorkem referenčním.



Obr č.3 – Znázornění vzorku a jeho označení

Odmaštění vzorků

Odmašťování je chemická předúprava povrchu, kterou jsou odstraněny hlavně mechanicky vázané nečistoty, nejčastěji mastnoty. Odmašťování každého ze vzorků proběhlo v odmašťovací lázni o teplotě 16,5°C a pH 9,03 po dobu 5 minut. Odmašťovací lázní byl SIMPLE GREEN a voda v poměru 1:10.

Oplach vzorků

Jednotlivé vzorky byly po odmašťování opláchnuty v oplachové lázni a vysušeny v elektrické peci. Oplachovou lázeň tvořila voda o teplotě 17,9°C a pH 4,78. Proces oplachování probíhal po dobu 3 minut. Opláchnuté vzorky se následně sušily v elektrické peci SN3014 při teplotě 100°C po dobu 5 minut.

Pozn.: Hodnoty teploty a pH byly měřeny pomocí přístroje PICCOLO PLUS.



Obr č.4 – Měřicí přístroj PICCOLO PLUS

6.3 Vystavení vzorků koroznímu prostředí

Každý vzorek byl vystaven koroznímu prostředí na předem stanovenou dobu. Jedinou výjimkou byl referenční vzorek označený číslem 0, jenž koroznímu prostředí vystaven nebyl. Vzorek označený číslem 1 byl vystaven koroznímu prostředí 1hodinu, vzorek 2 2hodiny, vzorek 3 3hodiny atd. až po vzorek 8. Vzorky byly ustanoveny na stojany popsané normou ČSN EN ISO 2810. Korozním prostředím těchto experimentálních prací byla atmosféra.

Podmínky v den při exponování vzorků

- | | |
|-----------------------------|----------|
| - minimální teplota | - 9,5 °C |
| - maximální teplota | 1,1 °C |
| - průměrná teplota | -5,3 °C |
| - úhrn srážek (0 - 24hodin) | 0,0 mm |
| - vlhkost | ≈ 68% |

6.4 Stanovení čistoty povrchu

Čistota povrchu je hodnocena podle normy ČSN ISO 8502-3 a hodnotíme jí zbytky prachu na povrchu substrátu. Norma popisuje metodu, kterou stanovujeme množství a velikost částic prachu na povrchu substrátu před aplikací nátěrového systému pomocí samolepící pásky. U každého vzorku jsme 3x hodnotili množství prachových částic na povrchu a 3x velikost prachových částic na povrchu.

Pomůcky potřebné pro stanovení čistoty povrchu:

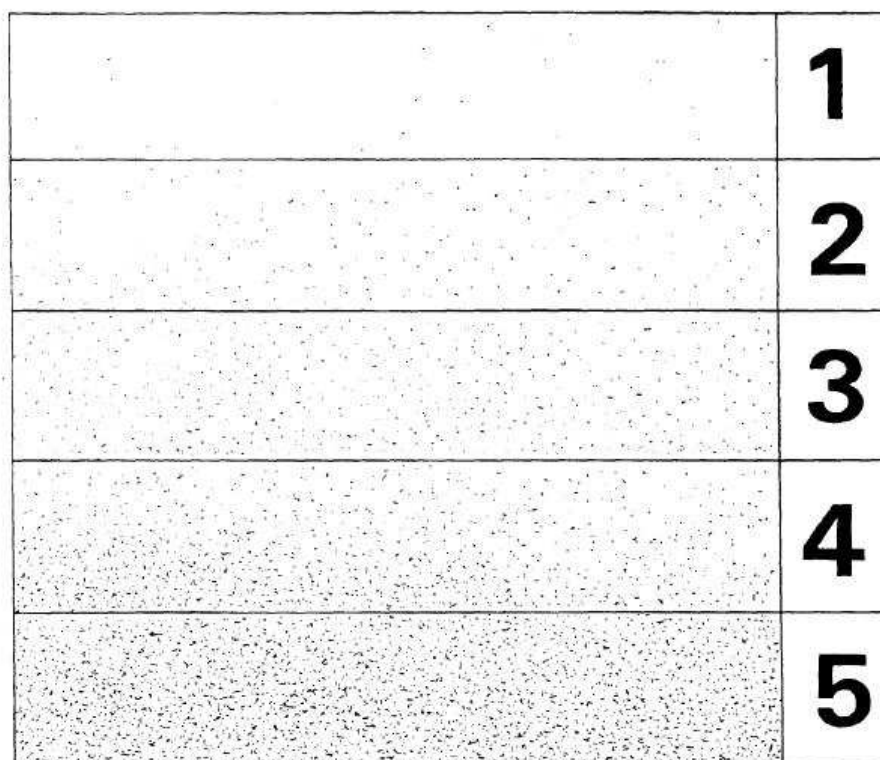
Pro stanovení čistoty povrchu byla použita adhezní páska o šíře 25mm mající adhezní sílu při odtrhu nejméně 190N na metr šíře. Podklad ve formě listu papíru pro zobrazení prachových částic a lupa se zvětšením 10x pro vyhodnocení čistoty povrchu na jednotlivých vzorcích.

Postup stanovení čistoty povrchu:

- ustanovení vzorku na rovnou a pevnou desku pro zaručení nehybnosti a stability vzorku
- přiložení 150mm dlouhé adhezní pásky a pevné přitlačení pomocí tření palce k povrchu vzorku
- sejmutí pásky se zachyceným prachem z povrchu a nalepení na zobrazovací podklad
- hodnocení čistoty povrchu

Hodnocení čistoty povrchu:

Hodnocení množství a velikosti částic na pásce se provádí vizuálním porovnáním s odpovídajícím vyobrazením na obrázku č.5 a popisem v tabulce č.3. Zaznamenáváme nejbližší odpovídající číselné vyhodnocení.



Obr č.5 – Obrazová stupnice množství prachu dle normy ČSN ISO 8502-3 [23]

Třída	Popis prachových částic
0	částice neviditelné při zvětšení 10x
1	částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50μm v průměru)
2	částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50μm a 100μm v průměru)
3	částice jasně viditelné prostým okem (částice od 0,5mm v průměru)
4	částice mezi 0,5 a 2,5mm v průměru
5	částice větší než 2,5mm v průměru

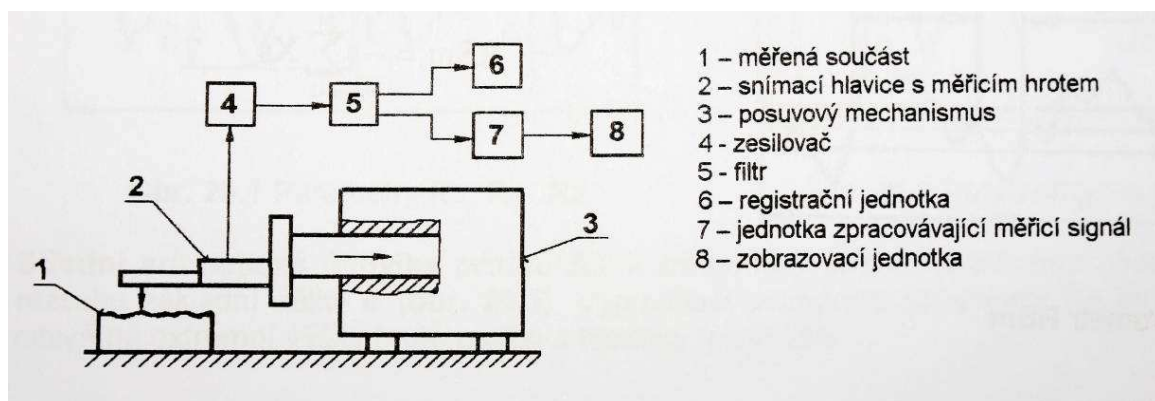
Tab č.3 – Třídy velikosti prachových částic dle normy ČSN ISO 8502-3 [23]

6.5 Měření profilu drsnosti povrchu

Měření profilu drsnosti povrchu bylo měřeno metodou nazývanou MITUTOYO SURF TEST pomocí přístroje MITUTOYO SJ 301. Jedná se o dotykovou metodu měření profilometrem. Měření probíhalo dle platné normy ČSN EN ISO 4287 a dle standardu měření ISO 1997.

Parametry měření přístroje:

- standard měření: *ISO 1997*
- měřený profil povrchu: *R*
- filtr $\lambda_c = 8mm$
- základní délka $l_r = 8mm$
- měřené parametry R_a , R_z , R_q , R_p , R_v , R_{sk} a R_{ku}



Obr. č.6 – Princip měřicího profilometru [4]

Profil drsnosti povrchu je základem pro hodnocení parametrů drsnosti. Jde o profil odvozený ze základního profilu potlačený složkami použitého filtru profilu λ_c . Filtr λ_c určuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti. Filtry využíváme pro odstraňování nežádoucích složek profilu, např. filtr λ_c ze základního profilu odstraňuje složku vlnitosti profilu a zanechává čistou složku drsnosti profilu. [4]

Profil drsnosti povrchu je měřen na základní délce l_r , která se využívá pro rozpoznání nerovností charakterizujících daný profil. Základní délka l_r je číselně rovna hodnotě filtru λ_c . [4]

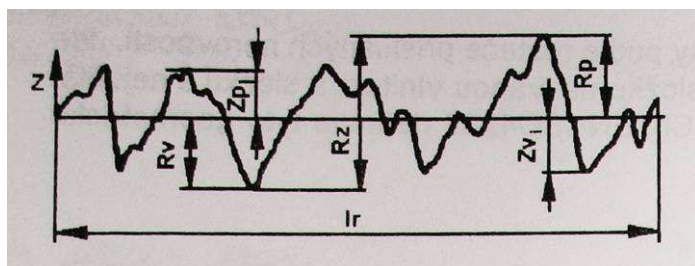
U měření profilu drsnosti povrchu byly zjišťovány následující výškové parametry drsnosti, které byly měřeny u každého vzorku 10krát na náhodně zvolených místech.

Měření parametry drsnosti: [4]

Největší výška výstupku profilu R_p – je výška Z_p největšího výstupku profilu v rozsahu základní délky l_r

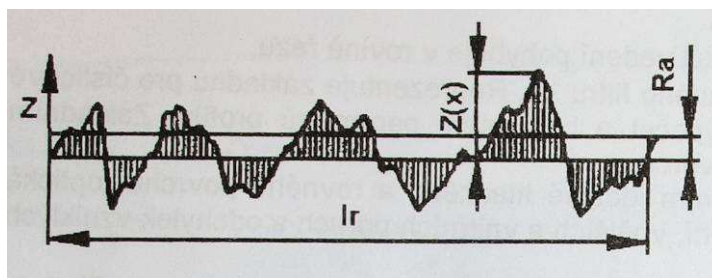
Největší hloubka prohlubně profilu R_v – je hloubka Z_v nejnížší prohlubně profilu v rozsahu základní délky l_r

Největší výška profilu R_z – je součet výšky Z_p největšího výstupku a hloubky Z_v nejnížší prohlubně v rozsahu základní délky l_r



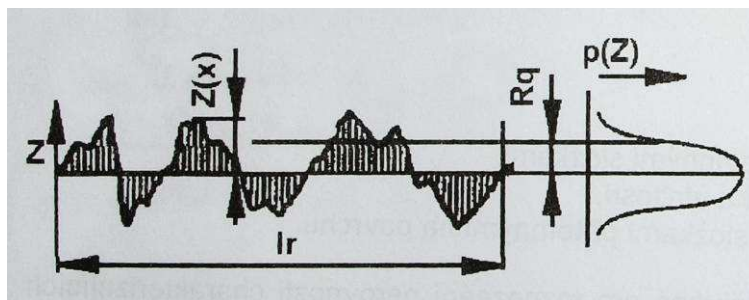
Obr. č.7 – Parametry drsnosti R_p , R_v a R_z [4]

Střední aritmetická úchylka profilu R_a – je aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r . Vypovídající schopnost parametru R_a je nízká, parametr R_a nereaguje citlivě na výšky hrotů profilu a hloubky rýh profilu.



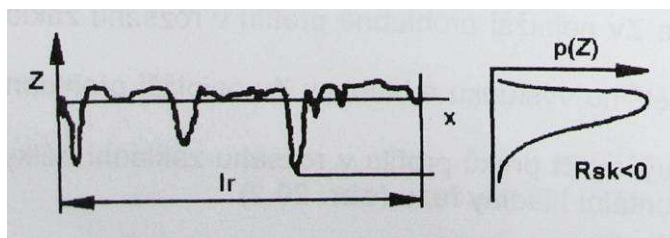
Obr. č.8 – Parametr drsnosti R_a [4]

Průměrná kvadratická úchylka profilu R_q – je průměrná kvadratická hodnota pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r . Parametr R_q má význam při statickém pozorování profilu povrchu, jelikož zároveň odpovídá standardní odchylce z profilových souřadnic.



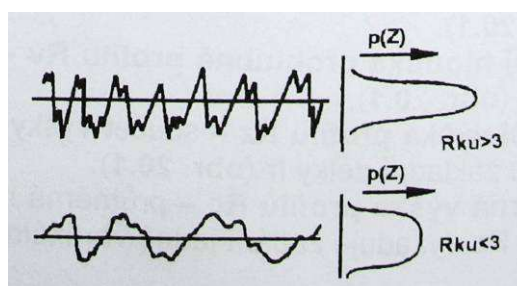
Obr č.9 –Parametr drsnosti R_q [4]

Šikmost posuzovaného profilu R_{sk} – je podíl průměrných hodnot třetích mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky l_r . Negativní hodnota R_{sk} odpovídá dobrým vlastnostem nosnosti profilu.



Obr č.10 – Parametr drsnosti R_{sk} [4]

Špičatost posuzovaného profilu R_{ku} – je podíl průměrných hodnot čtvrtých mocnin pořadnic $Z(x)$ a čtvrté mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky l_r . Při normálním rozdělení souřadnic profilu $R_{ku}=3$, ostřejší výstupky a rýhy $R_{ku}>3$ a naopak.



Obr č.11– Parametr drsnosti R_{ku} [4]

6.6 Aplikace nátěrového systému

Nanášeným nátěrovým systémem byl transparentní lak s obsahem nanočástic ZP 10 v rozmezí 2 až 4%. Jde o transparentní lak na bázi alkydových pryskyřic obsahující částice ZP10 v nanorozměrech. Nanášení nátěrového systému je doporučováno na otryskaný povrch substrátu, který tak zajišťuje potřebný kotvící profil.

Lak byl nanášen pomocí štětce o nízké tloušťce ve dvou vrstvách. Tloušťka každé mokré vrstvy byla 50 μ m. Nanesený nátěrový systém byl na povrchu substrátu viditelně rovný a celistvý bez patrných tahů štětcem.

Metodika při aplikaci nátěrové systému

- nanesení první vrstvy nátěrového systému štětcem o tloušťce 50 μ m
- zasychání první vrstvy při teplotě okolí 20,3°C po dobu, než je vrstva na dotyk suchá
- sušení nanesené vrstvy v elektrické peci po dobu 1 hodiny při teplotě 80°C
- nanesení druhé vrstvy nátěrového systému štětcem o tloušťce 50 μ m
- zasychání druhé vrstvy při teplotě okolí 20,3°C po dobu, než je vrstva na dotyk suchá
- vytvrzení nanesené vrstvy v elektrické peci po dobu 6 hodin při teplotě 80°C



Obr č.12 – Vzorek po aplikaci nátěrového systému

6.7 Měření tloušťky mokré vrstvy

Měření tloušťky mokré vrstvy nátěrového systému probíhalo dle normy ČSN EN ISO 2808 za pomoci měřicího hřebenu firmy BASTRO. Měření každé nanesené mokré vrstvy nátěrového systému bylo prováděno vždy kolmo na směr nanášení. Velikost jedné nanesené mokré vrstvy je 50μm. Tloušťka mokré vrstvy byla průběžně kontrolována při nanášení nátěrového systému.

Měřicí hřeben je plochá deska vyrobená z korozně odolného materiálu se zuby podél svého okraje. Referenční zuby v rozích tvoří základní linii, podél které jsou seřazeny vnitřní zuby tak, že tvoří odstupňovanou řadu mezer. Každý zub je označen odpovídající hodnotou mezery. Měřicí hřeben se přitiskne na povrch plochého vzorku tak, že jeho zuby jsou kolmo k rovině povrchu. Hřeben se oddálí a určí se nejkratší zub, který je ještě potřísněn nátěrovou hmotou. Zaznamenává se tloušťka, která odpovídá průměrné hodnotě mezi posledním nepotřísněným a prvním potřísněným zubem. [17]



Obr. č.13 – Měřicí hřeben BASTRO

6.8 Měření tloušťky suché vrstvy

Měření tloušťky suché vrstvy nátěrového systému se uskutečnilo dle normy ČSN EN ISO 2808. Měření bylo prováděno po vytvrzení nátěrového systému před vlastním stanovení přilnavosti nátěrového systému.

Takto vytvrzená suchá vrstva nátěrového systému byla měřena pomocí přístroje ELCOMETER 456. Jde o nedestruktivní metodu měření založenou na principu elektromagnetické indukce. Jak již z principu vyplívá, metoda je vhodná pouze pro měření elektricky vodivých podkladových substrátů.

Každý ze vzorků byl měřen 10krát na různě zvolených místech na straně naneseného nátěrového systému.



Obr č.14 – Měřicí přístroj ELCOMETER 456

6.9 Stanovení přilnavosti nátěrového systému

Pro zkoušení přilnavosti nátěrového systému na ocelový substrát byla použita destruktivní měřící metoda mřížková zkouška. Celý průběh zkoušky proběhl dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Tato zkušební metoda je popisována jako metoda hodnocení odolnosti nátěrového systému k oddělení od základního substrátu, který je proříznut pravouhlou mřížkou až k základnímu substrátu. Vlastní hodnocení zkoušky proběhlo dle normy ČSN EN ISO 2409.

Pomůcky potřebné pro vykonání mřížkové zkoušky:

Pro danou zkoušku byl použit řezný nástroj s více ostřím, který měl 6 ostří navzájem od sebe vzdálených 1mm. Tato vzdálenost byla stanovena dle normy ČSN EN ISO 2409 pro tloušťky suché vrstvy nátěrového systému 50 μ m a pro ocelový substrát. Dále byl použit měkký štětec pro očištění nařezané mřížky. Samolepící páska jejíž přilnavost 10N \pm 1N na 50mm šířky pásky a v neposlední řadě lupa s dvojnásobným až trojnásobným zvětšením pro vyhodnocení zkoušky.



Obr. č.15 – Pomůcky pro mřížkovou zkoušku ELCOMETER 107

Postup vykonání zkoušky:

Zkušební vzorek ustanovíme na rovnou a pevnou desku, aby byla zaručena nehybnost a stabilita vzorku při vykonávání zkoušky.



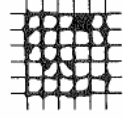
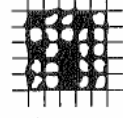
Přiložíme řezný nástroj ostřím kolmo k povrchu zkušebního vzorku a stejnoměrným tlakem na řezný nástroj provedeme do povlaku každého ze vzorků dva vodorovně řezy rovnoměrnou rychlostí. Tento postup opakujeme i pro vytvoření svislých řezů, křížících původní řezy tak, aby se vytvořila mřížka. Všechny řezy musí proniknout až k povrchu substrátu, není-li tomu tak zkouška je neplatná a musí se opakovat.

Následně měkkým štětcem vytvořené mřížky několikrát lehce otřeme.

Na každou očištěnou mřížku se nalepí samolepící páska, která se v místě nad mřížkou přitlačí konečky prstů. Během 5 minut po nalepení pásky se páska uchopí za volný konec a stáhne se pod úhlem 60° za 0,5 až 1,0s. Následně se vyhodnocuje přilnavost nátěrového systému.

Hodnocení zkoušky:

Hodnocení mřížkové zkoušky se provádí ihned po stažení lepící pásky dle normy ČSN EN ISO 2409. Mřížku se pozorně prohlédne v dobrém světle zrakem nebo pomocí lupy a následně ji zařadíme do jednoho z šesti klasifikačních stupňů viz tabulka č.4.

Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování (Příklad pro šest rovnoběžných řezů)
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není poškozen	–
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5 %	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5 %, ale menší než 15 %	
3	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech částečně nebo zcela, a/nebo se odlupuje částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15 %, ale menší než 35 %	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35 %, ale menší než 65 %	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4	–

Tab č.4 – Klasifikační stupně dle normy ČSN EN ISO 2409 [18]

7 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

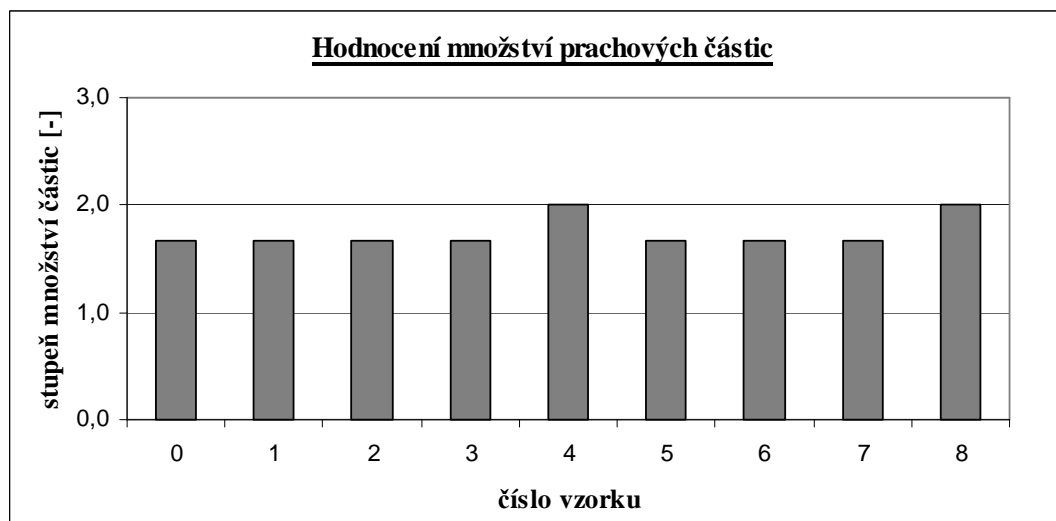
Tato část experimentálních prací je zaměřena na zpracování výsledků získaných při jednotlivých měření. Získané hodnoty jsou zpracovány do tabulek a podstatné naměřené a vypočtené údaje znázorněny v grafech. Výsledkem této části je závěrečné zhodnocení celého řešeného problému.

7.1 Výsledky stanovení čistoty povrchu

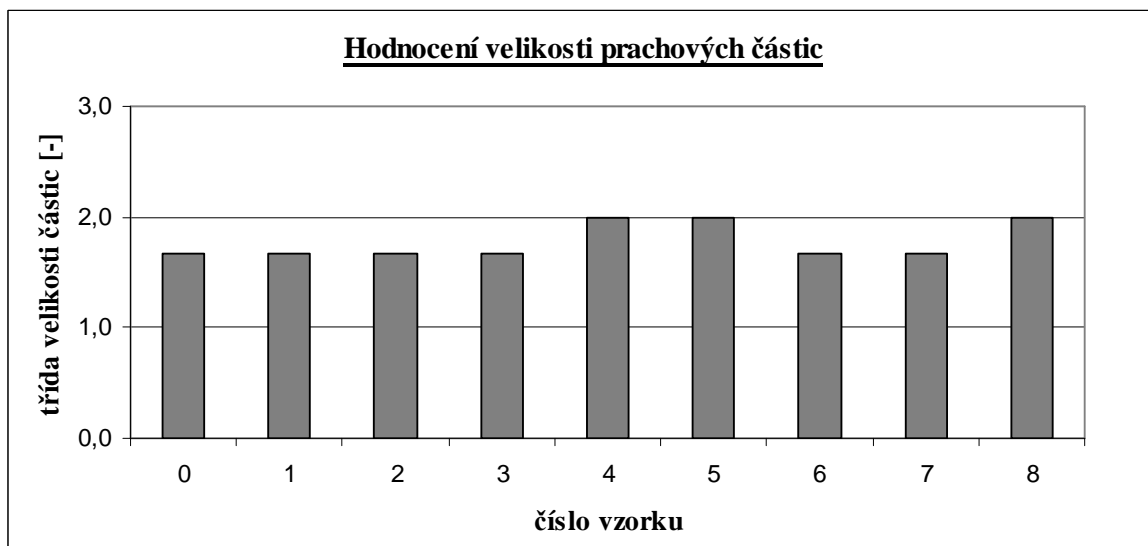
<i>Hodnocení čistoty povrchu</i>								
Číslo vzorku	hodnocení množství prachových částic				hodnocení velikosti prachových částic			
	č.1	č.2	č.3	Průměrná hodnota	č.1	č.2	č.3	Průměrná hodnota
0	1	2	2	1,7	1	1	2	1,7
1	2	1	2	1,7	2	2	1	1,7
2	1	2	2	1,7	2	1	2	1,7
3	2	2	1	1,7	2	1	2	1,7
4	2	2	2	2	2	2	2	2
5	2	1	2	1,7	2	2	2	2
6	1	2	2	1,7	1	2	2	1,7
7	1	2	2	1,7	2	2	1	1,7
8	2	2	2	2	2	2	2	2

Tab č.5 – Hodnocení čistoty povrchu

V tabulce č.5 jsou zapsány všechny výsledky stanovené při hodnocení čistoty povrchu. Z výsledků hodnocení množství a velikosti prachových částic byly vypočítány průměrné hodnoty, z nichž byly pro lepší posouzení sestaveny grafy č.1 a č.2.



Graf č.1 – Hodnocení množství prachových částic



Graf č.2 – Hodnocení velikosti prachových částic

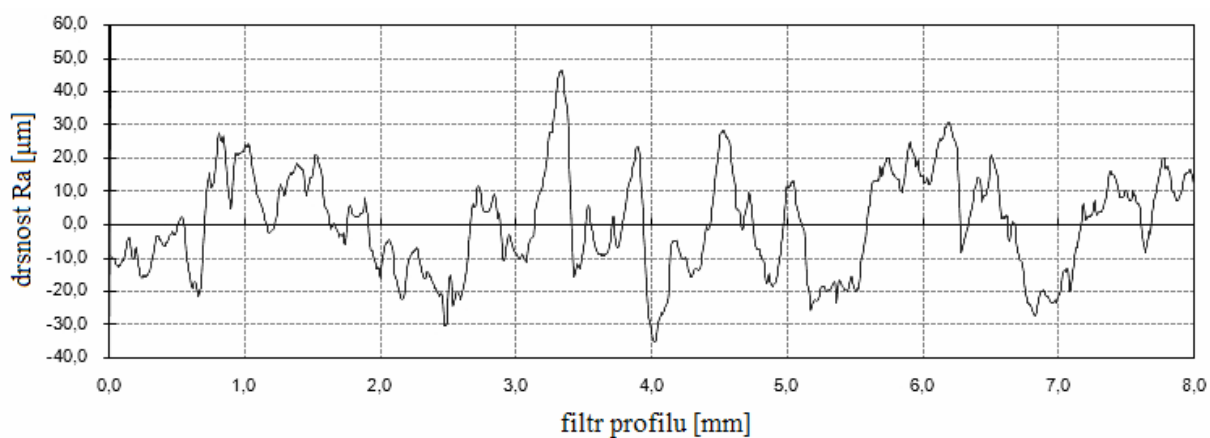
V grafu č.1 hodnotíme množství prachových částic. Množství prachových částic na povrchu očištěného referenčního vzorku 0 bylo hodnoceno stupni 1 a 2, což vypovídá o výskytu poměrně malého množství prachových částic na povrchu. Hodnocení ostatních vzorků 1 až 8 se od hodnocení referenčního vzorku 0 výrazně neliší, i když u nich neproběhlo hodnocení ihned po očištění jako u referenčního vzorku 0, ale až po době, kterou strávili vzorky v korozním prostředí. To znamená, že všechny vzorky měly před nanesením nátěrového systému relativně stejný výskyt prachových částic na povrchu.

V grafu č.2 hodnotíme velikost prachových částic. V tomto případě je hodnocení tříd velikosti prachových částic obdobné, jak u referenčního vzorku 0, tak i u ostatních vzorků 1 až 8. Jelikož byly velikosti prachových částic na vzorcích 0 až 8 poměrně malé a výrazně se od sebe nelišili, byly vzorky 0 až 8 hodnoceny třídami 1 a 2.

Čistota povrchu byla u všech hodnocených vzorků 0 až 8 relativně stejná, proto byly podmínky pro nanesení nátěrového systému ve všech případech přibližně stejné.

7.2 výsledky měření profilu drsnosti povrchu*Referenční vzorek 0:*

<i>Parametry drsnosti referenčního vzorku 0</i>								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	11,67	95,69	15,14	39,33	56,37	-0,07	3,64	8,318
2	11,50	68,97	13,89	39,19	29,78	0,41	2,70	8,271
3	9,26	65,13	11,83	27,13	38,00	-0,35	3,28	8,231
4	12,70	94,43	16,29	55,61	38,81	0,29	3,34	8,219
5	12,67	81,46	15,11	46,21	35,26	0,16	2,48	8,257
6	14,27	88,35	17,16	46,42	41,93	-0,11	2,42	8,265
7	10,51	72,58	13,18	46,01	26,57	0,48	3,22	8,262
8	11,07	68,47	13,66	35,52	32,95	-0,02	2,64	8,224
9	10,34	65,50	12,60	31,87	33,64	-0,01	2,57	8,233
10	11,80	78,23	14,86	40,21	38,02	-0,27	2,72	8,226
Průměrná hodnota	11,58	77,88	14,37	40,75	37,13	-	2,90	8,25

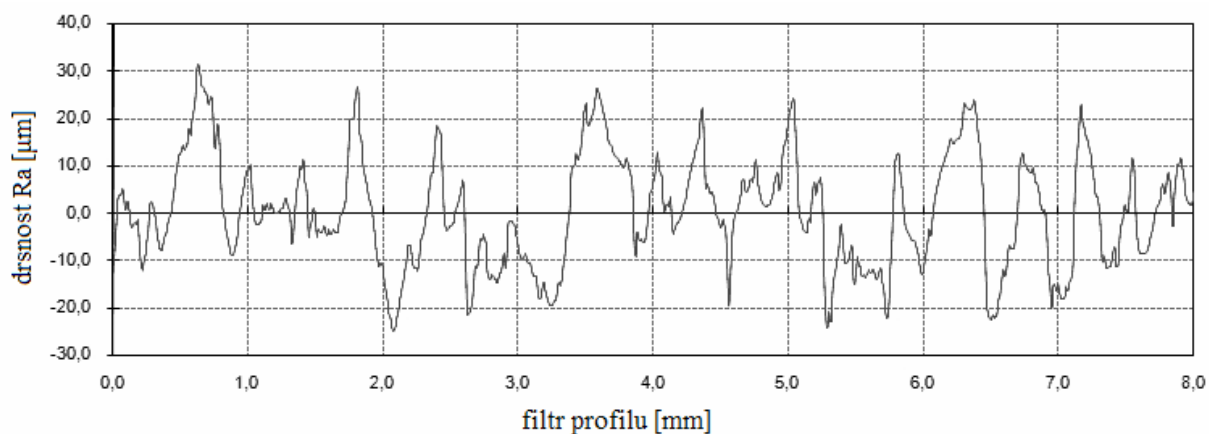
Tab č.6 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na referenčním vzorku 0**Graf č.3** – Profil drsnosti referenčního vzorku 0 Ra = 12,67μm

Vzorek 1:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 1 hodině exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 1								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	11,69	67,08	14,07	33,95	33,13	-0,22	2,39	8,274
2	10,33	74,63	13,06	34,24	40,39	-0,42	3,03	8,277
3	9,53	56,85	11,67	25,86	30,99	-0,31	2,54	8,215
4	8,94	61,91	11,13	29,80	32,11	0,31	2,70	8,224
5	9,45	56,20	11,65	31,28	24,92	0,25	2,50	8,242
6	11,58	78,76	14,23	36,32	42,44	-0,32	2,68	8,268
7	7,61	56,04	9,35	27,08	28,96	0,00	2,80	8,189
8	9,20	57,17	11,28	33,02	24,15	0,49	2,63	8,214
9	11,39	64,63	13,70	33,16	31,47	0,03	2,40	8,238
10	8,63	56,36	10,49	29,59	26,77	0,11	2,56	8,218
Průměrná hodnota	9,835	62,963	12,063	31,43	31,533	+	2,623	8,2359

Tab č.7 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 1



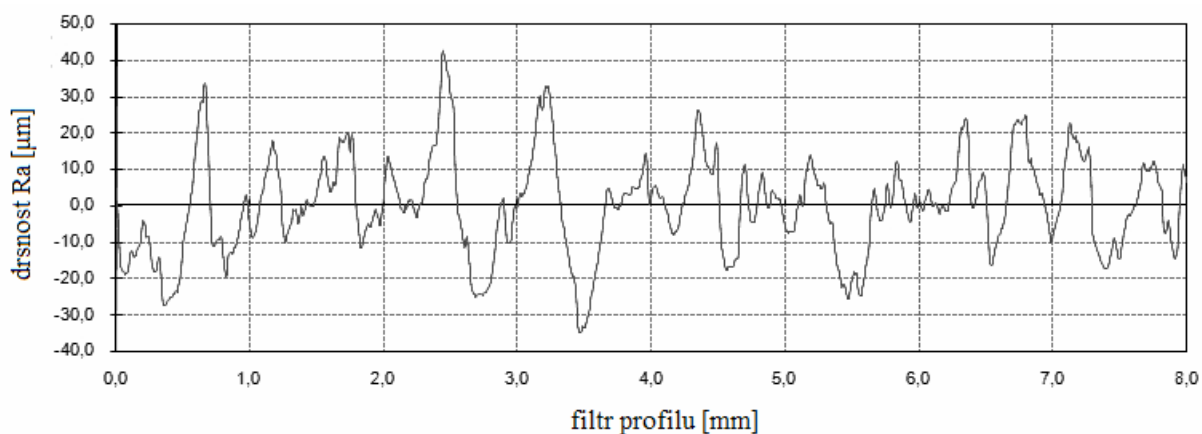
Graf č.4– Profil drsnosti vzorku 1 Ra = 9,45μm

Vzorek 2:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 2 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 2								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	10,56	68,38	12,93	34,09	34,29	-0,19	2,76	8,281
2	12,42	85,62	15,67	36,56	49,06	-0,37	3,13	8,269
3	9,82	81,37	12,71	38,79	42,58	-0,16	3,73	8,244
4	12,23	80,86	15,66	41,35	39,51	0,06	2,99	8,300
5	12,67	75,77	14,92	41,11	34,65	0,21	2,28	8,237
6	14,25	77,92	17,06	32,57	45,35	-0,17	2,32	8,281
7	10,34	77,54	13,40	42,48	35,07	0,09	3,11	8,267
8	14,34	93,36	17,77	43,33	50,03	-0,37	3,07	8,296
9	12,61	83,47	15,99	38,40	45,06	-0,14	3,03	8,228
10	11,47	80,70	14,71	45,90	34,80	0,49	3,31	8,280
Průměrná hodnota	12,072	80,499	15,082	39,459	41,04	-	2,973	8,2683

Tab č.8 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 2



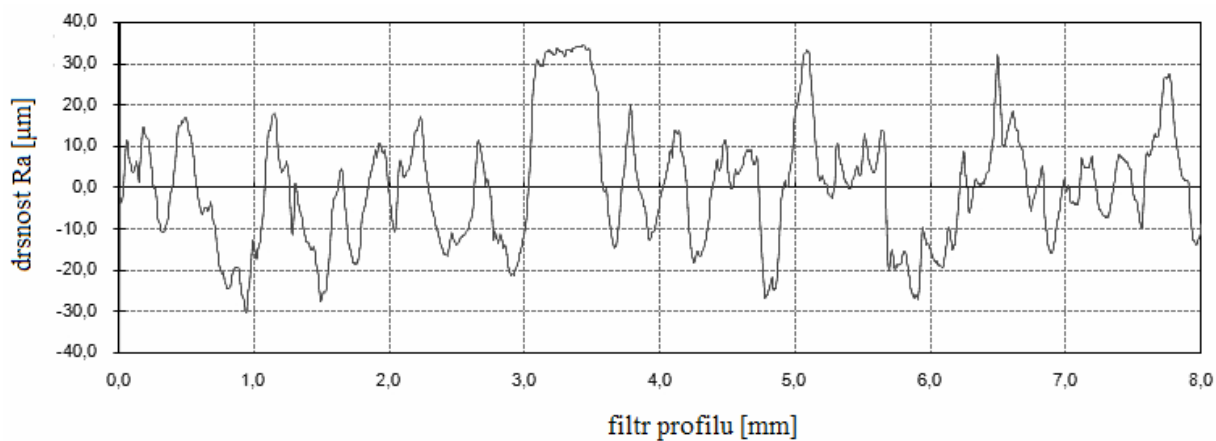
Graf č.5 – Profil drsnosti vzorku 2 Ra = 12,67μm

Vzorek 3:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 3 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 3								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	12,77	84,84	16,20	40,05	44,79	-0,03	2,91	8,231
2	13,09	78,11	15,97	33,32	44,79	-0,42	2,45	8,322
3	12,82	72,54	15,45	29,10	43,44	-0,18	2,31	8,332
4	12,56	80,38	15,75	45,82	34,56	0,37	2,83	8,255
5	11,34	64,71	14,34	34,22	30,49	0,42	2,87	8,253
6	14,05	92,74	18,09	39,98	52,76	-0,67	3,37	8,309
7	12,98	77,73	15,72	42,26	35,47	0,15	2,44	8,251
8	11,54	76,67	14,09	37,03	39,64	-0,03	2,73	8,237
9	12,38	80,91	15,81	43,26	37,64	0,30	2,98	8,269
10	10,74	70,69	13,95	31,15	39,54	-0,45	3,03	8,227
Průměrná hodnota	12,427	77,932	15,537	37,619	40,312	-	2,792	8,2686

Tab č.9 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 3



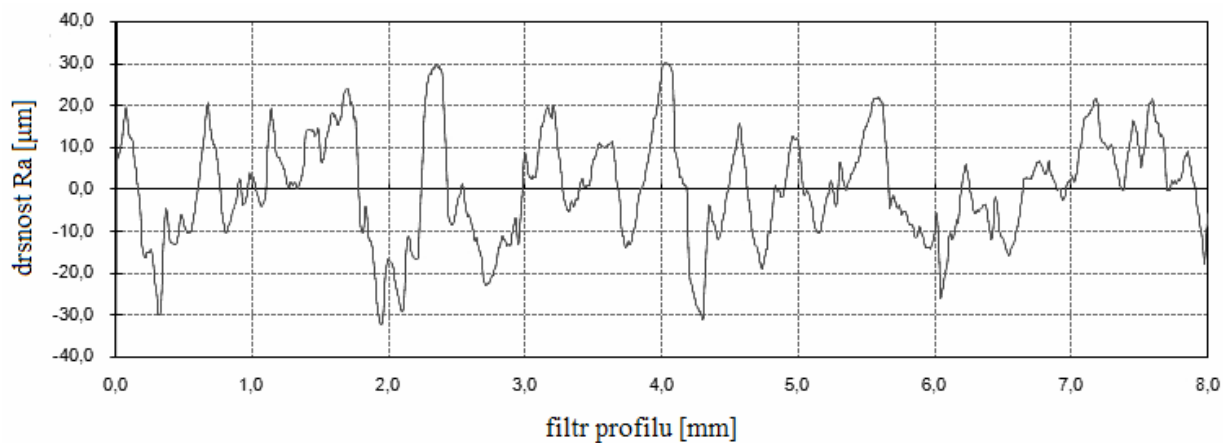
Graf č.6 – Profil drsnosti vzorku 3 Ra = 11,34μm

Vzorek 4:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 4 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 4								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	11,04	60,11	13,12	27,24	32,87	-0,14	2,22	8,214
2	9,94	81,54	13,32	33,02	48,51	-0,66	4,57	8,241
3	8,87	65,38	11,11	26,30	39,08	-0,27	3,05	8,222
4	10,78	70,78	14,12	34,21	36,56	-0,13	3,18	8,236
5	10,26	62,48	12,75	30,20	32,28	0,01	2,67	8,223
6	13,28	72,88	16,29	33,55	39,33	-0,37	2,50	8,269
7	9,37	58,48	11,85	27,17	31,31	-0,45	2,99	8,242
8	11,66	73,33	14,28	41,75	31,58	0,14	2,61	8,215
9	11,42	70,89	14,36	27,37	43,52	-0,44	3,12	8,238
10	11,56	73,04	14,57	31,73	41,31	-0,48	2,98	8,260
Průměrná hodnota	10,818	68,891	13,577	31,254	37,635	-	2,989	8,236

Tab č.10 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 4



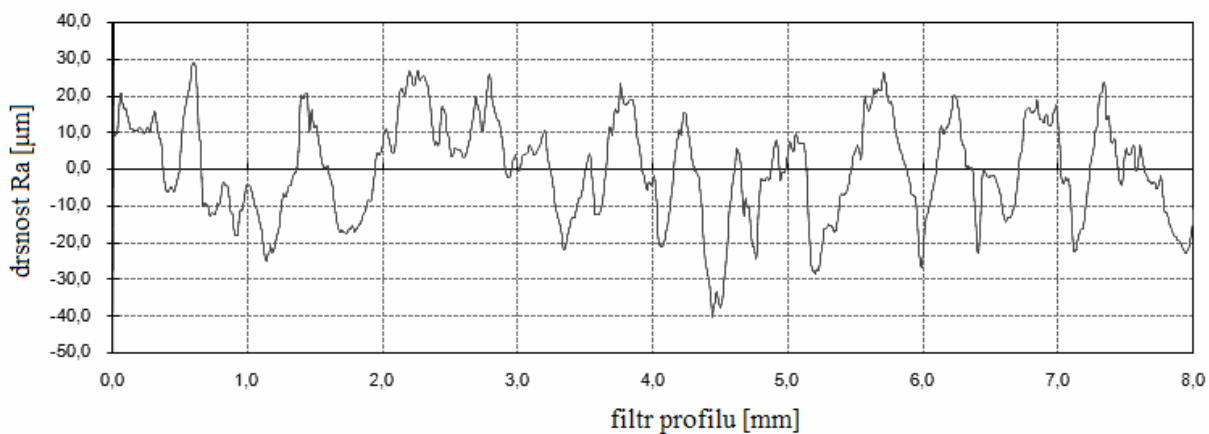
Graf č.7 – Profil drsnosti vzorku 4 Ra = 10,26μm

Vzorek 5:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 5 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 5								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	12,64	71,23	15,37	30,15	41,08	-0,60	2,57	8,272
2	11,79	74,79	14,56	39,28	35,51	-0,02	2,63	8,231
3	11,97	75,58	14,77	34,77	40,80	-0,28	2,66	8,256
4	11,33	74,20	13,87	43,63	30,57	0,07	2,76	8,242
5	11,30	68,97	13,68	28,68	40,28	-0,23	2,48	8,245
6	10,56	87,40	13,39	34,31	53,09	-0,26	3,56	8,241
7	11,35	65,33	13,92	33,56	31,78	0,13	2,39	8,249
8	11,44	64,13	13,90	35,94	28,19	0,44	2,44	8,262
9	12,49	99,89	16,10	40,88	59,01	-0,50	4,08	8,275
10	11,19	74,38	14,29	32,93	41,45	-0,28	2,97	8,247
Průměrná hodnota	11,606	75,59	14,385	35,413	40,176	-	2,854	8,252

Tab č.11 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 5



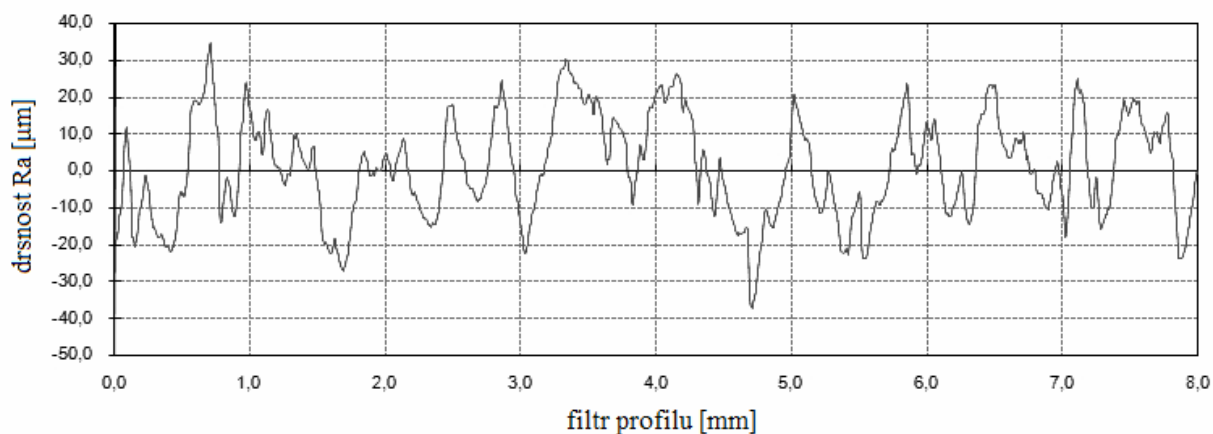
Graf č.8 – Profil drsnosti vzorku 5 Ra = 11,3μm

Vzorek 6:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 6 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 6								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	12,57	101,70	16,14	43,43	58,28	-0,17	3,65	8,312
2	11,91	74,27	14,79	37,77	36,50	0,10	2,59	8,312
3	12,18	77,39	15,26	38,60	38,79	0,51	2,80	8,216
4	11,30	82,39	14,50	43,63	38,76	0,02	3,05	8,244
5	11,44	71,83	13,73	34,58	37,25	0,15	2,28	8,289
6	14,36	85,43	17,30	38,76	46,67	-0,30	2,56	8,312
7	11,55	86,89	15,01	49,91	36,98	0,63	3,94	8,273
8	12,82	72,54	15,45	29,10	43,44	-0,18	2,31	8,341
9	10,00	62,20	12,38	30,14	32,06	0,03	2,51	8,273
10	10,25	63,71	12,61	31,74	31,97	0,06	2,44	8,280
Průměrná hodnota	11,838	77,835	14,717	37,766	40,07	+	2,813	8,2852

Tab č.12 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 6



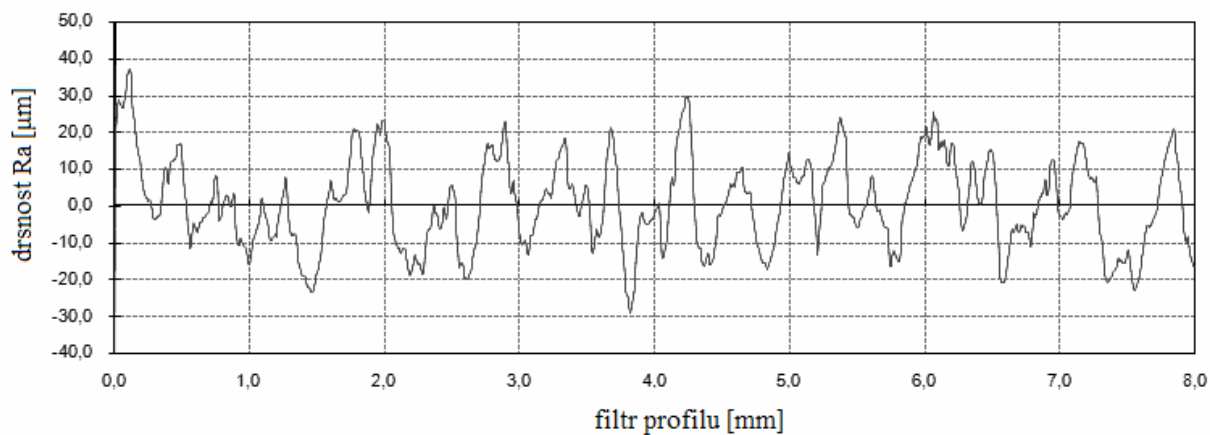
Graf č.9 – Profil drsnosti vzorku 6 Ra = 11,44μm

Vzorek 7:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 7 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 7								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	9,70	59,47	12,05	31,19	28,28	0,20	2,69	8,240
2	10,36	72,58	13,66	32,41	40,17	-0,36	3,35	8,235
3	12,52	73,65	15,44	36,84	36,81	0,02	2,54	8,280
4	11,32	76,82	14,48	38,02	38,80	-0,43	2,89	8,215
5	12,05	85,24	15,29	44,13	41,11	0,14	2,91	8,250
6	10,02	66,07	12,27	36,99	29,09	0,32	2,56	8,273
7	11,55	76,33	14,59	36,90	39,43	-0,15	2,77	8,203
8	9,73	63,43	12,20	27,88	35,56	-0,23	2,92	8,235
9	10,44	69,71	13,36	23,87	45,84	-0,79	3,46	8,223
10	10,96	62,27	13,61	31,94	30,33	-0,13	2,53	8,262
Průměrná hodnota	10,865	70,557	13,695	34,017	36,542	-	2,862	8,2416

Tab č.13 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 7



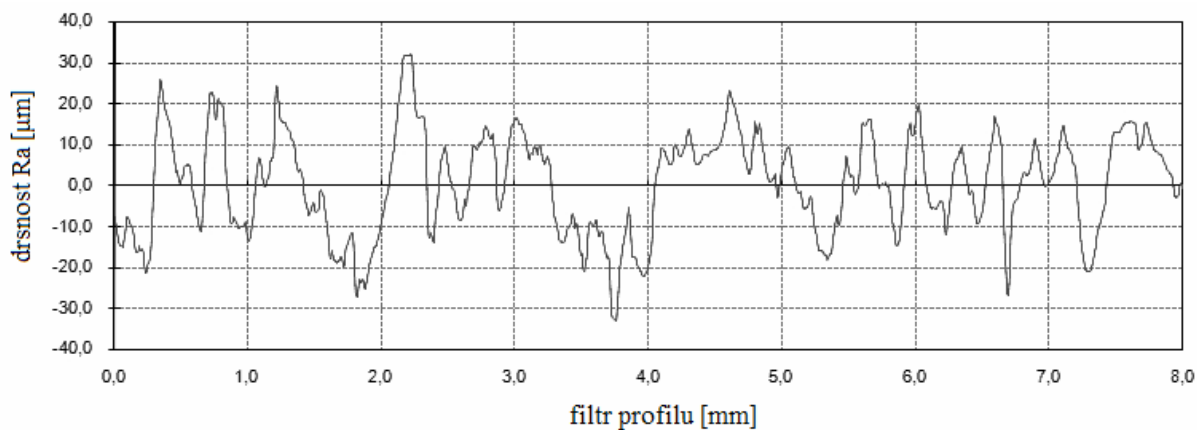
Graf č.10 – Profil drsnosti vzorku 7 Ra = 12,05μm

Vzorek 8:

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti po 8 hodinách exponování vzorku v korozním prostředí.

Parametry drsnosti vzorku 8								
Číslo měření	Měřené parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	Rsk	Rku	Rlo
1	12,62	83,47	15,99	38,41	45,06	-0,14	3,03	8,228
2	11,24	56,50	13,66	28,52	27,99	0,37	2,32	8,198
3	9,76	77,81	12,66	33,12	44,69	-0,35	3,83	8,252
4	13,44	80,91	16,92	33,39	47,52	-0,56	2,78	8,292
5	11,76	74,39	14,88	33,34	41,05	-0,47	2,92	8,234
6	10,21	65,05	12,23	31,89	33,16	-0,05	2,47	8,217
7	11,80	88,95	15,20	41,63	47,32	-0,58	3,47	8,300
8	13,75	81,49	16,42	36,83	44,66	-0,17	2,22	8,250
9	14,12	75,68	16,70	40,93	34,75	0,26	2,16	8,294
10	13,34	79,44	16,19	37,42	42,03	-0,07	2,57	8,277
Průměrná hodnota	12,204	76,369	15,085	35,548	40,823	-	2,777	8,2542

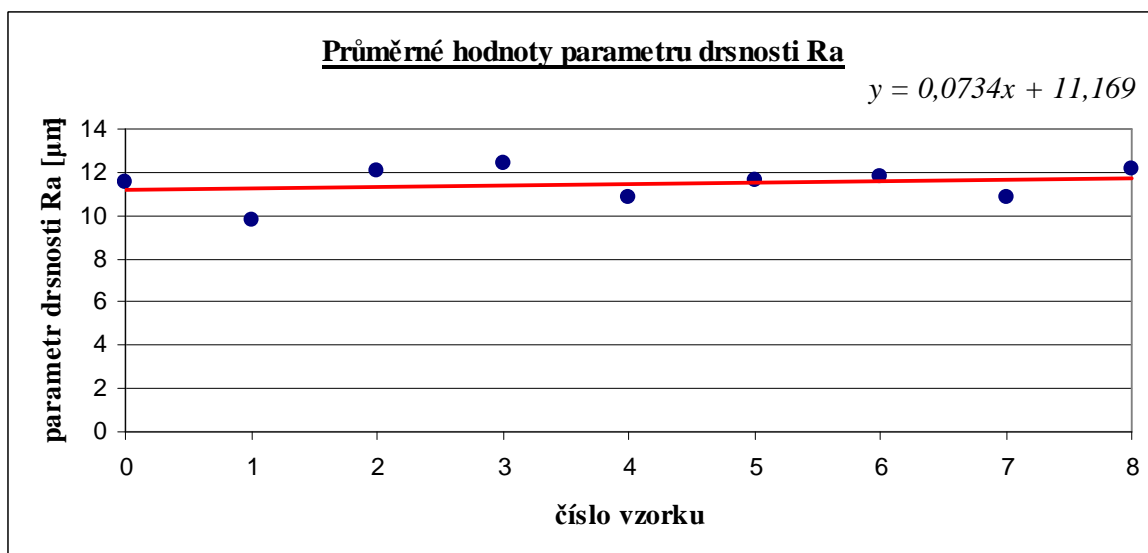
Tab č.14 – Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 8



Graf č.11 – Profil drsnosti vzorku 8 Ra = 11,8µm

Grafy profilů drsností Ra jednotlivých vzorků jsou znázorněny vždy k pátému měření. Tabulky byly doplněny o vypočítané průměrné hodnoty všech měřených parametrů drsnosti. Z naměřených parametrů drsnosti nás nejvíce zajímá parametr Ra, jež nejčastěji charakterizuje velikost kotvícího profilu před nanesením nátěrového systému. Dalším důležitým parametrem je šikmost profilu Rsk. Šikmost profilu Rsk u vzorků 1 a 6 nese pozitivní hodnotu, což vypovídá o špatných vlastnostech nosnosti profilu. U ostatních vzorků negativní hodnota Rsk zaručuje dobré vlastnosti nosnosti profilu.

Z průměrných hodnot parametrů drsnosti Ra byl vytvořen následující graf č.12 na kterém byly porovnány velikosti kotvících profilů měřených vzorků.



Graf č.12 – Srovnání průměrných hodnot parametrů drsnosti Ra

Z grafu č.12 je zřejmé, že průměrné hodnoty parametru Ra nabývají hodnot kolem $Ra=12\mu m$. Závislost průměrných hodnot parametru Ra je dána lineární regresivní křivkou $y = 0,0734x + 11,169$. Proložená lineární regresivní křivka výrazným způsobem neklesá ani neroste, ale do jisté míry je rovnoběžná s hodnotou drsnosti $Ra=12\mu m$. To znamená, že drsnost u všech měřených vzorků je neměnná a kotvící profil byl na všech vzorcích i po 8 hodinách expozice v korozním prostředí totožný.

7.3 Výsledky měření tloušťky suché vrstvy

<i>Naměřené a průměrné hodnoty tloušťek</i>									
Číslo měření	Číslo vzorku								
	0 [μm]	1 [μm]	2 [μm]	3 [μm]	4 [μm]	5 [μm]	6 [μm]	7 [μm]	8 [μm]
1	54,8	50,5	46,2	50,3	43,5	47,5	45,5	50,1	49,5
2	49,6	44,4	49,8	46,4	46,1	49,7	47,2	49,5	42,8
3	52,1	48,6	47,8	48,2	47,9	46,8	44,5	49,1	48,1
4	53,7	49,8	47,2	50,7	45,5	49,0	51,8	50,4	48,8
5	50,7	46,8	48,7	49,7	49,1	52,3	47,1	41,7	49,4
6	49,4	50,1	47,5	46,3	48,3	46,7	47,3	48,3	53,3
7	43,3	48,4	51,9	50,9	49,9	48,2	49,8	46,3	42,8
8	44,8	49,2	45,6	46,1	50,1	48,5	52,7	49,8	50,2
9	47,0	49,4	47,7	46,4	52,3	47,5	47,9	48,9	48,5
10	42,0	50,9	48,3	50,5	49,7	46,2	46,2	52,5	50,9
Průměrná tloušťka	48,7	48,8	48,1	48,6	48,2	48,2	48,0	48,7	48,4

Tab č.15 – Naměřené a průměrné hodnoty tloušťek

V tabulce č.15 jsou zaznamenány naměřené hodnoty tloušťek všech vzorků 0 až 8. Tabulka je doplněna o vypočtené průměrné hodnoty tloušťek pro lepší posouzení mezi jednotlivými vzorky.

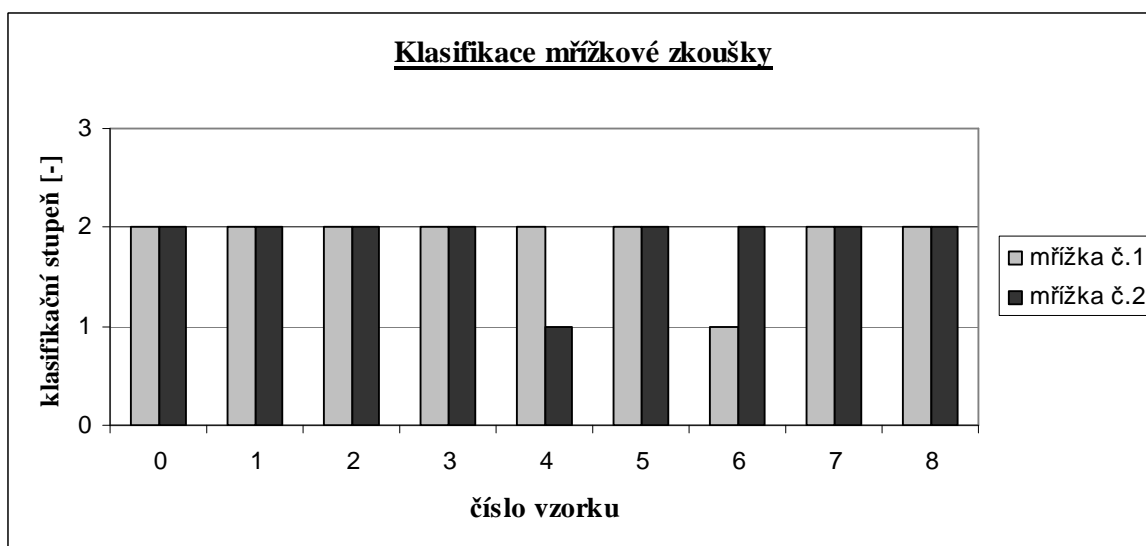
Všechny vzorky by měly mít shodnou průměrnou hodnotu tloušťky vrstvy. Tloušťka vrstvy jednotlivých vzorků má mít velikost 50μm. Z tabulky č.15 je zřejmé, že se průměrné hodnoty tloušťek vzorků výrazným způsobem neliší a jejich rozmezí je od 48,0μm do 48,8μm, což je rozdíl 0,8μm. Tento rozdíl budeme považovat za zanedbatelný a můžeme tedy konstatovat, že tloušťka vrstvy nátěrového systému je na všech vzorcích totožná.

7.4 Výsledky stanovení přilnavosti nátěrového systému

Klasifikace mřížkové zkoušky		
Číslo vzorku	Klasifikace jednotlivých mřížek	
	mřížka č.1	mřížka č.2
0	2	2
1	2	2
2	2	2
3	2	2
4	2	1
5	2	2
6	1	2
7	2	2
8	2	2

Tab č.16 – Klasifikace mřížkové zkoušky

V Tabulce č.16 jsou zaznamenány klasifikace jednotlivých mřížek všech vzorků 0 až 8. Tyto klasifikace jsou pro lepší posouzení převedeny do grafu č.14.

**Graf č.13** – Klasifikace mřížkové zkoušky

Na grafu č.14 je patrné, že jednotlivé mřížky vzorků 0 až 8 jsou klasifikovány stupněm 1 a 2. Nejčastěji se vyskytovaly mřížky klasifikovány stupněm 2, u těchto mřížek byly pod lupou viditelné odloupenuté malé kousky nátěrového systému podél řezů a místech křížení řezů. Poškozená plocha těchto mřížek se pohybovala v rozmezí od 5% do 15%. Mřížky klasifikované stupněm 1 se vyskytovaly jen zřídka. Pod lupou u nich byly viditelné odloupenuté malé kousky pouze v místech křížení řezu a poškozená plocha nebyla větší jak 5%.

Obecně platí, že vzorky klasifikované stupněm 0 až 2 dle tabulky č.4 mají dobrou přilnavost nátěrového systému k povrchu substrátu. Jelikož výsledky mřížkové zkoušky na sledovaných vzorcích jsou přibližně shodné, domnívám se, že i přilnavost nátěrového systému bude ve všech případech srovnatelná. To znamená, že i po dobu 8 hodin expozice v korozním prostředí je přilnavost neměnná.

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zaměřuje na studium vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na přilnavost ochranných povlaků. Úkolem teoretické části bylo seznámení s pojmy a poznatky využitelných v experimentální části. Je zde uvedena přilnavost nátěrového systému k ocelovému substrátu a popis mechanismů jejího vzniku, definice povrchu a vlastnosti povrchu ocelového substrátu. V teoretické části jsou také zahrnuty technologie předběžných úprav povrchu, přesněji technologie odmašťování a otryskávání, jež nám slouží k odstraňování nečistot z povrchu substrátu. Otryskávání navíc slouží pro vytvoření dobrého kotvícího profilu před nanesením nátěrového systému. Dále je zde uvedena koroze a atmosférické korozní prostředí, jemuž jsou sledované vzorky vystaveny. Poslední kapitoly představují organické nátěrové systémy, jejich rozdělení, složení a nanášení. Část této kapitoly zaujímají zinkové nátěrové systémy.

Experimentální část je především zaměřena na hodnocení rozdílů v přilnavosti nátěrového systému k ocelovému substrátu vzniklých změnou kotvícího profilu, při působení atmosférického korozního prostředí.

Experimentální práce probíhaly na dodaných vzorcích z materiálu COSMALT - E 300T, již předem otryskánych na stupeň Sa2½. Vzorky byly odmaštěny pro odstranění nečistot a opláchnuty. Následně byly vzorky vystaveny koroznímu prostředí až po dobu 8 hodin. Po určité časové jednotce se na vzorku stanovila prašnost, změřili se zadané parametry drsnosti a porovnály se jednotlivé kotvící profily.

Čistota povrchu byla u všech hodnocených vzorků relativně stejná, hodnocena stupni 1 nejvýše 2. Pro nanesení nátěrového systému byly tedy u všech vzorků podmínky přibližně stejné.

Z naměřených parametrů drsnosti nás nejvíce zajímal parametr drsnosti Ra. Naměřené hodnoty parametru drsnosti Ra byly zprůměrnovány, zapsány do tabulek a zaneseny do grafu. Průměrné hodnoty parametru Ra nabývaly velikosti kolem Ra=12μm. Průměrné hodnoty parametru Ra byly proloženy regresivní křivkou a poté hledána určitá závislost mezi těmito hodnotami. Výsledkem byla lineární křivka rovnoběžná s hodnotou drsnosti Ra=12μm. To znamenalo, že drsnost u všech měřených vzorků je neměnná a kotvící profil byl na všech vzorcích i po 8 hodinách expozice v korozním prostředí totožný.

Následovala aplikace nátěrového systému, kterým byl transparentní lak s obsahem 2 až 4% nanočástic ZP 10. Po vytvrzení nátěrového systému bylo provedeno měření tloušťky vrstvy.

Naměřené hodnoty tloušťek byly zapsány do tabulky, jež byla navíc doplněna o vypočtené průměrné hodnoty tloušťek. Velikost průměrných hodnot se pohybovala v rozmezí od 48,0 μ m do 48,8 μ m. Tento rozdíl pro nás neměl větší význam a tak byl zanedbán. Můžeme proto konstatovat, že velikost tloušťky vrstvy nátěrového systému na všech vzorcích je totožná a je téměř shodná s předpokládanou velikostí 50 μ m.

Závěrem experimentálních prací bylo stanovení přilnavosti nátěrového systému pomocí mřížkové zkoušky. Jednotlivé vytvořené mřížky byly pomocí lupy klasifikovány stupni 1 nebo 2 a zaznamenány do tabulky. Nejčastěji se vyskytovaly mřížky klasifikovány stupněm 2. Klasifikace stupněm 1 se vyskytla pouze ve dvou případech, u mřížky č.2 na vzorku 4 a u mřížky č.1 na vzorku 6. Obecně platí, že vzorky klasifikované stupněm 0 až 2 mají dobrou přilnavost nátěrového systému k povrchu substrátu. Na výsledcích mřížkové zkoušky je zřejmá shoda v hodnocení mřížek, proto lze usoudit, že přilnavost nátěrového systému bude ve všech případech také shodná. To znamená, že i po dobu 8 hodin expozice v korozním prostředí je přilnavost neměnná.

Výsledky experimentálních prací vypovídají o tom, že reliéf povrchu ocelového substrátu je i po době 8 hodin expozice v atmosférickém korozním prostředí při daných podmínkách neměnný a nemůže tak zásadně ovlivnit přilnavost ochranných povlaků.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [2] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 1.vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1987. 251 s.
- [3] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [4] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie – část I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6.
- [5] SOJKA, Jiří. *Technologie povrchových úprav pevnostních konstrukčních prvků osobních vozidel*. Pardubice, 2008. 69 s., 15 s. příloh. Diplomová práce na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice na katedře dopravních prostředků. Vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Libor Beneš.
- [6] LANÍK, T. *Studium vlivu znečištění kovového povrchu na kvalitu ochranného nátěru*. Ostrava, 2006. 57 s., Bakalářská práce na Strojní fakultě VŠB – Technické univerzity v Ostravě na katedře Mechanické technologie. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.
- [7] DOBROVODSKÁ, L. *Studium koroze povrchu kovového materiálu po čištění a před aplikací nátěru*. Ostrava, 2005. 44 s., Bakalářská práce na Strojní fakultě VŠB – Technické univerzity v Ostravě na katedře Mechanické technologie. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.
- [8] DOBROVODSKÁ, L. *Studium nátěrových systémů pro náročná korozní prostředí*. Ostrava, 2006. 53 s., Diplomová práce na Strojní fakultě VŠB – Technické univerzity v Ostravě na katedře Mechanické technologie. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.
- [9] PODJUKLOVÁ, Jitka – LANÍK, Tomáš – HRABOVSKÁ, Kamila – DOBROVODSKÁ, Lenka – PELIKÁNOVÁ, Kateřina – MENŠIKOV, Viktorovič Vladimír. *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků*. [online]. 2009. [cit. 2010-03-30].
URL: <<http://konference.tanger.cz/data/metal2009/sbornik/Lists/Papers/036.pdf>>
- [10] *Encyklopedie WIKIPEDIE – Adheze* [online].
URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Adheze>> [cit. 2010-03-30].
- [11] *Encyklopedie WIKIPEDIE – Koroze* [online].
URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Koroze>> [cit. 2010-03-30].

- [12] KRAUS,V. *Povrchy a jejich úpravy* [online].
URL:<<http://users.fsids.cvut.cz/~sindetom/Support%20skript/POVRCHOVE%20UPRAVY.pdf>> [cit. 2010-03-30].
- [13] MICHNA, Štefan. *Koroze a ochrana materiálu* [online]. URL:
<http://www.stefanmichna.com/download/opory/koroze_a_ochrana_materialu.pdf>
[cit. 2010-03-30].
- [14] TOMKOVÁ, Blanka. *Vlastnosti kompozitů (mechanismy adheze)* [online].
URL: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20091014/03_Prednaska.pdf>
[cit. 2010-03-30].
- [15] HOCHMANOVÁ, Libuše. *Antikorozní nátěrové hmoty plněné zinkem* [online].
URL:<<http://www.konstrukce.cz/clanek/antikorozni-naterove-hmoty-plnene-listkovym-zinkem/>> [cit. 2010-04-12].
- [16] ČSN EN ISO 4287: *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [17] ČSN EN ISO 2808: *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [18] ČSN EN ISO 2409: *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [19] ČSN EN ISO 16276-2: *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [20] ČSN EN ISO 8510-1: *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [21] ČSN EN ISO 16276-2: *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [22] ČSN ISO 9223: *Koroze kovů a slitin – Korozní agresivita atmosfér - klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [23] ČSN ISO 8502-3: *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [24] ČSN EN ISO 2810: *Nátěrové hmoty – Přirozené stárnutí nátěrů – Expozice a hodnocení*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr č.1	Schéma druhů nerovností.....	11
Obr č.2	Povrch vzorku po tryskání	24
Obr č.3	Znázornění vzorku a jeho označení	25
Obr č.4	Měřicí přístroj PICCOLO PLUS	26
Obr č.5	Obrazová stupnice množství prachu dle normy ČSN ISO 8502-3	28
Obr č.6	Princip měřicího profilometru	29
Obr č.7	Parametry drsnosti R_p , R_v a R_z	30
Obr č.8	Parametr drsnosti R_a	30
Obr č.9	Parametr drsnosti R_q	31
Obr č.10	Parametr drsnosti R_{sk}	31
Obr č.11	Parametr drsnosti R_{ku}	31
Obr č.12	Vzorek po aplikaci nátěrového systému	32
Obr č.13	Měřicí hřeben BASTRO	33
Obr č.14	Měřicí přístroj ELCOMETER 456	34
Obr č.15	Pomůcky pro mřížkovou zkoušku ELCOMETER 107	35

SEZNAM TABULEK

Tab č.1	Mechanické vlastnosti oceli COSMALT – E 300T	24
Tab č.2	Chemické složení oceli COSMALT - E 300T	24
Tab č.3	Třídy velikosti prachových částic dle normy ČSN ISO 8502-3	28
Tab č.4	Klasifikační stupně dle normy ČSN EN ISO 2409.....	37
Tab č.5	Hodnocení čistoty povrchu	38
Tab č.6	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na referenčním vzorku 0	40
Tab č.7	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 1	41
Tab č.8	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 2	42
Tab č.9	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 3	43
Tab č.10	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 4	44
Tab č.11	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 5	45
Tab č.12	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 6	46
Tab č.13	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 7	47
Tab č.14	Naměřené hodnoty parametrů drsnosti na vzorku 8	48
Tab č.15	Naměřené a průměrné hodnoty tloušťek.....	50
Tab č.16	Klasifikace mřížkové zkoušky	51

SEZNAM GRAFŮ

Graf č.1	Hodnocení množství prachových částic	38
Graf č.2	Hodnocení velikosti prachových částic	39
Graf č.3	Profil drsnosti referenčního vzorku 0 $R_a = 12,67\mu$	40
Graf č.4	Profil drsnosti vzorku 1 $R_a = 9,45\mu$	41
Graf č.5	Profil drsnosti vzorku 2 $R_a = 12,67\mu$	42
Graf č.6	Profil drsnosti vzorku 3 $R_a = 11,34\mu$	43
Graf č.7	Profil drsnosti vzorku 4 $R_a = 10,26\mu$	44
Graf č.8	Profil drsnosti vzorku 5 $R_a = 11,3\mu$	45
Graf č.9	Profil drsnosti vzorku 6 $R_a = 11,44\mu$	46
Graf č.10	Profil drsnosti vzorku 7 $R_a = 12,05\mu$	47
Graf č.11	Profil drsnosti vzorku 8 $R_a = 11,8\mu$	48
Graf č.12	Srovnání průměrných hodnot parametrů drsnosti R_a	49
Graf č.13	Klasifikace mřížkové zkoušky.....	51